www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

8e JAARGANG No. 8, blz. 225-256 AUGUSTUS 1946

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELENDE TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUCTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

REDACTIE: HET NATUURKUNDIG LABORATORIUM DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, EINDHOVEN

DE DYNAMO-ZAKLANTAARN

door E. A. van IJZEREN.

621.313.39-871

Beschrijving van de Philips dynamo-zaklantaarn type nr. 7424. Bij „normaal" knijpen wordt hiermee een lichtstroom van 2,4 lumen opgewekt, waarvoor de gebruiker ca 0,9 watt mechanisch vermogen moet leveren. Ondanks de intermitteerende aandrijving varieert de lichtstroom tijdens het knijpen slechts weinig, wat ten deele aan een groot traagheidsmoment en hoog toerental van de rotor van de dynamo te danken is, ten deele aan een vlakke spanning-toerental-karakteristiek van de dynamo. De dynamo, die in groote trekken analoog is aan een rijwieldynamo, bevat een achtpolige permanente magneet uit „Ticonal" 0,8 als rotor. De ankerwikkeling is op een stator aangebracht, welks bouw sterk afwijkt van het gebruikelijke en in hooge mate aangepast is bij de eischen der massafabricage. De dynamo is bestand gemaakt tegen kortsluiting, hetgeen nader wordt toegelicht.

In onze gemechaniseerde eeuw zal het niet vaak voorkomen, dat de mensch voor het verrichten van prestaties, die hij sinds lang aan andere energiebronnen toevertrouwde, op een gegeven oogenblik weer teruggrijpt naar eigen lichaamskracht. Dit is feitelijk hetgeen zich in de laatste jaren in klein bestek heeft afgespeeld, toen de dynamo-zaklantaarn een belangrijke plaats is gaan veroveren naast de traditioneele batterij-zaklantaarn. Deze ontwikkeling werd gestimuleerd, doordat in de oorlog batterijen schaarsch werden, terwijl de verduisteringsmaatregelen juist meer behoefte aan een zaklantaarn deden ontstaan. Maar ook nà oorlogsschaarschte en verduistering blijken de dynamo-zaklantaarns gereeden aftrek te blijven vinden, kennelijk omdat het publiek gevoeliger is geworden voor de nadeelen, die de batterij-zaklantaarn, ook in vredestijd, aankleven: de noodzaak om telkens batterijen te koopen, en de kans, dat de in voorraad gehouden batterijen, als de lantaarn eenige tijd niet gebruikt is, op een critiek moment uitgeput of bedorven blijken te zijn. Deze nadeelen doen zich bijzonder sterk gevoelen in tropische landen, waar batterijen sneller bederven en versche batterijen soms op groote afstand gehaald moeten worden.

Er is een ander voorbeeld, waarbij wij licht door eigen lichaamskracht opwekken: de rijwiellantaarn. Van de ervaring, die men bij de constructie van moderne rijwieldynamo's heeft opgedaan, is voor het ontwikkelen van de dynamo-zaklantaarn in ruime mate gebruik gemaakt. Bij de beschrijving van de Philips dynamo-zaklantaarn, type nr. 7424 [1]),

[1]) Behalve het genoemde type is door Philips een tweede, kleinere, dynamo-zaklantaarn ontwikkeld (de „Bijou", type nr. 7426). We willen ons echter in dit artikel tot het eerstgenoemde type beperken.

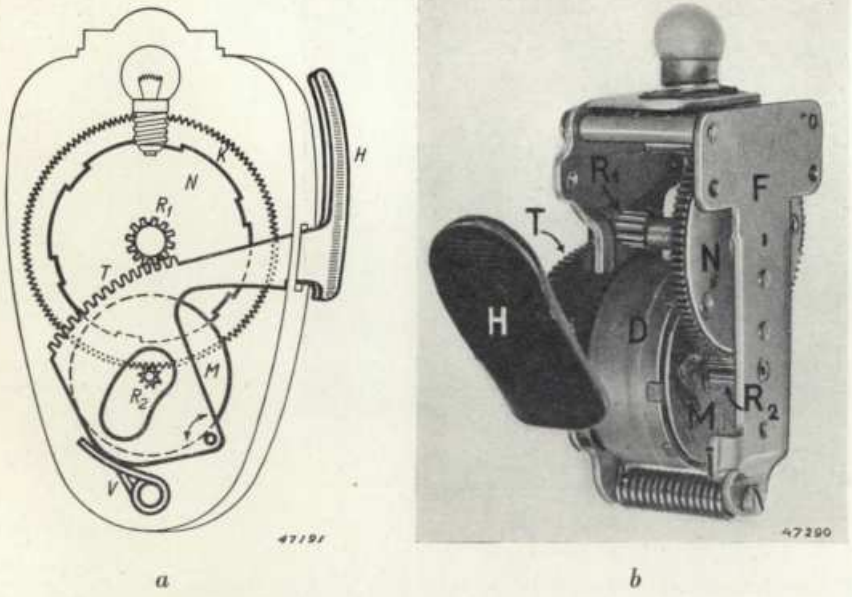
Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

die wij in dit artikel willen geven, zal dit nog nader blijken.

Algemeene bouw van het apparaatje

De constructie van de eigenlijke dynamo is in groote trekken analoog aan die van een rijwieldynamo. Het magneetveld wordt geleverd door een permanente magneet, die als rotor is uitgevoerd, terwijl de ankerwikkeling, waarin door het draaien van de magneet een wisselende e.m.k. wordt opgewekt, op een week ijzeren stator is aangebracht. Door dit constructieprincipe, dat practisch mogelijk is geworden sinds magneetstaalsoorten met zeer groot magnetisch vermogen ter beschikking staan, komen de collector met borstels en de afzonderlijke bekrachtiging van het veld, die men bij normale dynamo's aantreft, te vervallen. Alleen dank zij deze vereenvoudigingen heeft men de dynamo's voor de hier bedoelde toepassingen voldoende klein en bedrijfszeker kunnen maken.



a b

Fig. 1. *a*) Aandrijving van de rotor bij de Philips dynamo-zaklantaarn type nr. 7424. De hefboom H met de tandheugel T moet door de duim periodiek worden ingedrukt, tegen de kracht van de veer V in. T drijft door het rondsel R_1 de vrijwielnaaf N aan. Deze neemt bij het indrukken de tandkrans K mee, die via het rondsel R_2 de rotor M aandrijft, terwijl bij het terugveeren van de hefboom H de tandkrans en rotor vrij blijven doorloopen. *b*) De dynamo-zaklantaarn, met afgenomen huis. F frame, H hefboom met tandheugel T, R_1 rondsel, N vrijwielnaaf met tandkrans, R_2 rondsel op de as van de rotor M, D dynamo.

Het door de dynamo gevoede gloeilampje is vast op de dynamo gemonteerd, het uitgestraalde licht wordt door een kleine lens en een eenvoudige reflector gebundeld.

De hand, die de zaklantaarn vasthoudt en de lichtbundel richt, krijgt tevens de taak om de rotor van de dynamo aan te drijven. Dit heeft tot gevolg, dat men voor de aandrijving niet kan uitgaan van een draaiende beweging. Met de eerst genoemde functies van de hand valt practisch alleen een knijpbeweging te vereenigen, hetzij met de geheele hand, hetzij met de duim. In ons geval is de laatste beweging gekozen. Het mechanisme van de hierop gebaseerde aandrijving is in *fig. 1a* schematisch voorgesteld. Aan de hefboom, welke de duim tegen een veer in periodiek moet neerdrukken, is een tandheugel bevestigd, die via een rondsel en een tandwieloverbrenging met vrijwiel de rotor van de dynamo in beweging brengt. Dank zij het vrijwiel kan de rotor tijdens het terugveeren van de hefboom ongehinderd doorloopen. De assen van de rotor, het aandrijvende tandwiel en de hefboom zijn gelagerd in een frame, dat geheel door het huis van het apparaatje wordt omsloten. De smering wordt bewerkstelligd door een in olie gedrenkt lapje, dat op de lagers is geklemd.

De foto fig. 1*b*, die het apparaat met afgenomen huis weergeeft, laat de onderbrenging van alle onderdeelen in het frame zien.

De dynamo levert bij „normaal" knijpen een gemiddelde effectieve spanning van 2,5 volt en geeft aan het lampje een vermogen van ca 0,3 watt af. Verliezen door wrijving, wervelstroomen enz. maken, dat hiervoor een mechanisch vermogen van ca 0,9 watt door den gebruiker moet worden gepresteerd. Daar het lampje meestal slechts betrekkelijk korte tijden achtereen in bedrijf zal zijn, werd een totale brandduur van 10 uren als voldoende beschouwd. Het lampje brandt derhalve, als men zoo wil, op „overspanning", terwille van een beter lichtrendement. De verkregen lichtstroom (altijd bij „normaal" knijpen) bedraagt 2,4 lumen, waarvan de helft als nuttig licht naar buiten treedt. In de eigenlijke bundel wordt hiermee op 1 m afstand een verlichtingssterkte van ca 4 lux verkregen.

De afmetingen van het geheele apparaatje zijn 8,5 × 5 × 3 cm, bij een totaal gewicht van slechts 215 gram. Dit maakt het mogelijk om het apparaatje zonder groot bezwaar in jas- of broekzak of in een damestasch mee te dragen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Mechanische gezichtspunten bij de constructie

Een rijwieldynamo geeft ca 3 watt electrisch vermogen af en vergt ca 9 watt mechanisch vermogen van den wielrijder. Het vermogen van de zaklantaarn-dynamo is dus rond 1/10 van dat van een rijwieldynamo. Deze verhouding is niet onredelijk, als men let op de volumina van de spieren, die in beide gevallen bij het leveren van de mechanische energie betrokken zijn, en er rekening mee houdt, dat de beenspieren behalve de rijwieldynamo ook het rijwiel zelf moeten aandrijven [2]). Een meer directe manier om zich een denkbeeld te verschaffen, welk mechanisch vermogen men van de duim kan vergen, is het berekenen van de noodige knijpkracht. De duim kan bij het knijpen slechts een slag van enkele cm maken en hij kan de knijpbeweging hoogstens enkele malen per seconde herhalen. Is s de slag in cm en n het aantal slagen per minuut, dan is de knijpkracht P, die de duim bij het indrukken van de hefboom moet uitoefenen om een gemiddeld vermogen van N watt te leveren:

$$P = 612 \frac{N}{s \cdot n} \text{ kg.}$$

Bij de hier beschreven dynamo-zaklantaarn is de slag van het uiteinde van de hefboom, waarop de duim aangrijpt, rond 3 cm. Uit een groot aantal proeven met verschillende personen is gebleken, dat men een knijpfrequentie van ongeveer 180 slagen per minuut als normaal kan beschouwen. De voor $N = 0{,}9$ W vereischte knijpkracht is dan rond 1 kg. Hier komt nog bij de kracht, noodig voor het overwinnen van de veer die de hefboom terugdrijft, ten bedrage van ongeveer 0,5 kg. Met een totale kracht van 1,5 kg is men klaarblijkelijk niet ver meer van de grens van hetgeen men zonder bezwaar van de duimspieren kan verlangen: een veel grootere knijpkracht zou bij de meeste gebruikers tot te snelle vermoeidheid aanleiding geven.

De overbrengingsverhouding der tandwielen is zoo gekozen, dat bij de genoemde normale knijpfrequentie en bij een verhouding van ongeveer 1 : 1 tusschen de tijden voor het neerdrukken en het terugveeren van de hefboom, de rotor een toerental van ca 4000 omw/min verkrijgt. Een zoo hoog toerental is gewenscht om in een voldoende vlak gedeelte van de spanning-toerental-karakteristiek van de dynamo te komen — een eisch, waarop we straks nader zullen ingaan. Bovendien geeft een hoog toerental de mogelijkheid om reeds met een betrekkelijk gering traagheidsmoment van de rotor, dus kleine afmetingen en gewicht, veel rotatie-energie in de rotor te verzamelen, zoodat de rotor ondanks de periodieke onderbreking van de aandrijving voldoende gelijkmatig blijft doorloopen. Veel hoogere toerentallen dan het genoemde komen practisch niet in aanmerking, daar dan een tweede tandwieloverbrenging vereischt zou zijn, die het mechanisch rendement te veel zou doen dalen en het lawaai, dat door de aandrijving wordt veroorzaakt, ongewenschte proporties zou doen aannemen. Om het lawaai zooveel mogelijk te beperken is de tandkrans, die op het vrijwiel is aangebracht, van het bekende, voor geluidsdemping bij tandwielen veel gebruikte „hard weefsel" gemaakt, dat bestaat uit textiellaagjes, in kunsthars gedrenkt en geperst („Philitext").

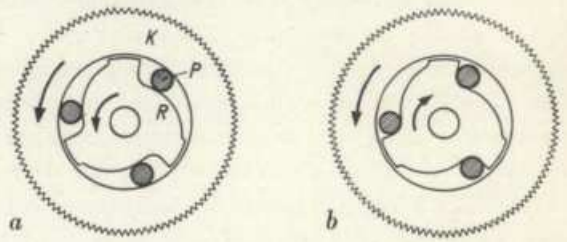


Fig. 2. Constructie van het vrijwiel. Bij rotatie van de naaf in de ééne richting rollen de drie rolletjes P op de rug R van de drie tanden omhoog (a), raken klem tusschen R en de tandkrans K en nemen deze dus mee. Bij omgekeerde rotatie van de naaf, rollen de rolletjes weer omlaag (b), waarbij zij geen contact met de tandkrans hebben, die dus vrij in de oude richting kan blijven doordraaien.

De constructie van het vrijwiel (*fig. 2*), dat de tandkrans periodiek meeneemt en weer vrij laat doorloopen, is er eveneens op berekend om weinig geruisch te veroorzaken en bovendien tijdens de vrijloop zoo min mogelijk wrijving te veroorzaken.

Het gewenschte traagheidsmoment van de rotor kan worden verkregen door naast de permanente magneet nog een looden schijfje op de rotor-as te bevestigen. Het geheel moet goed gebalanceerd worden om een trillingsvrije loop van de rotor te verzekeren.

Electrische en magnetische gezichtspunten

De spanning-toerental-karakteristiek

De klemspanning van een wisselstroomdynamo, waarop permanent een bepaalde belastingsweerstand is aangesloten, is bij kleine omwentelingssnelheden evenredig met het toerental, bij grootere snelheden wordt zij meer en meer onafhankelijk van het toerental. Dit verschijnsel en de maatregelen, die men moet nemen, als men een zoo vlak mogelijk verloop van de spanning-toerental-karakteristiek wil verkrijgen, zijn in dit tijdschrift al

[2]) Bij een normale fiets met matig goede banden is voor een snelheid van 15 km/uur, naar gelang van de bestrating enz., een vermogen van bijv. 30 tot 100 watt, in zeer ongunstige omstandigheden zelfs tot 200 watt noodig.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

eens ter sprake gekomen bij de beschrijving van een rijwieldynamo [3]). Bij de zaklantaarn-dynamo spelen dezelfde overwegingen weer een groote rol, we zullen er daarom nog wat nader op ingaan.

Om te beginnen is een toelichting gewenscht, in hoeverre ook in ons geval een vlakke karakteristiek van belang is. De wielrijder zal een rit met ongeveer constante snelheid afleggen, maar soms zal dit een groote snelheid zijn (bijv. 25 km/uur), soms een kleinere, en ook doet zich het geval voor, dat hij een stuk met de fiets aan de hand loopt (5 km/uur). Een vlakke karakteristiek is derhalve bij de rijwieldynamo noodig om eenerzijds bij 5 km/uur nog voldoende licht uit de lantaarn te krijgen en anderzijds bij 25 km/uur het lampje nog niet te sterk te belasten. Bij de dynamo-zaklantaarn staat de zaak iets anders. De gemiddelde knijpsnelheid zal hier voor verschillende „ritten" slechts weinig uiteenloopen, zeker niet meer dan een factor 2, tegenover een factor 5 bij het rijwiel. Men zou dus voor eenzelfde spanningsvariatie met een minder vlakke karakteristiek kunnen volstaan. Als nieuwe factor komt er echter bij, dat de snelheid van de rotor al tijdens het knijpen in zekere mate varieert. Al wordt getracht, deze variaties door de bovenvermelde vergrooting van het traagheidsmoment zooveel mogelijk te verminderen, zoo is het toch duidelijk, dat men hierin beperkt is, doordat het apparaat klein en licht moet blijven. De snelheidsschommelingen, die men kan overhouden, zijn voor een bepaald, vrij ongunstig, geval in *fig. 3* weergegeven. Wil men beletten, dat

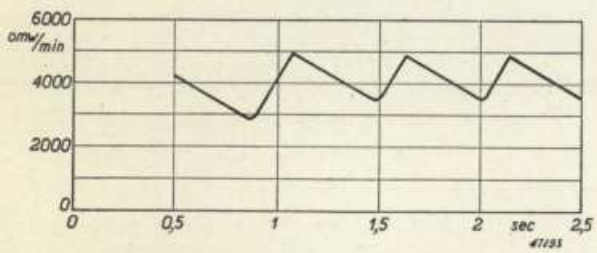


Fig. 3. Variaties van het toerental van de rotor, veroorzaakt door de intermitteerende aandrijving, bij periodiek knijpen (in dit geval ca 120 slagen per minuut en een verhouding van ongeveer 1 : 2 tusschen de tijden van neerdrukken en terugtrekken van de duim).

deze snelheidsvariaties een storende schommeling van de verkregen lichtstroom veroorzaken, dan moet men het weer in een zoo vlak mogelijke spanning-toerental-karakteristiek zoeken, vooral ook, omdat de warmtetraagheid van de slechts 12 μ dikke gloeidraad zeer gering is.

[3]) H. A. G. Hazeu en M. Kiek, Een wisselstroomdynamo met vlakke karakteristiek voor rijwielverlichting, Philips techn. T. 3, 88, 1938.

De klemspanning wordt onafhankelijk van het toerental, als de inductieve weerstand van de ankerwikkeling, die evenredig is met de frequentie van de opgewekte wisselspanning en dus met het toerental, groot is ten opzichte van de ohmsche weerstand van ankerwikkeling plus gloeilampje. Daar de inductieve weerstand grooter is, naarmate door een gegeven stroom een grootere flux in het anker wordt opgewekt, is het gewenscht, de magnetische weerstand van het ankercircuit klein te houden. Voorts is een groot aantal polen van magneet en stator wenschelijk, daar dan bij een laag toerental de opgewekte spanning toch een hooge frequentie heeft.

De magneet van de zaklantaarn-dynamo heeft acht polen, zoodat bij 4000 omw/min de frequentie van de opgewekte wisselspanning rond 250 per/sec bedraagt. Voor een gedrongen constructie is het van belang, dat aan deze polen geen werkelijke uitsteeksels behoeven te beantwoorden: de magneet bestaat (evenals bij een rijwieldynamo) uit een gladde, korte cylinder, die langs de omtrek achtpolig is gemagnetiseerd. Een dergelijke uitvoering was bij de vroeger beschikbare soorten magneetstaal zeer onvoordeelig. De flux, die twee naburige magneetpolen leveren, heeft dan nl. (zoodra men de magneet uit het magnetiseeringsapparaat in het uiteindelijke circuit overbrengt) een zekere neiging om zich reeds binnen de cylindermantel door het staal heen te sluiten in plaats van naar buiten te treden. Om dit te belemmeren is het noodig, dat het tusschen de polen langs de cylinderomtrek gelegen magneetstaal een groote weerstand biedt tegen de omkeering van de magnetisatierichting, die hierbij moet optreden. Het voor de zaklantaarn-dynamo gebruikte magneetstaal „Ticonal" 0,8 bezit deze eigenschap in hooge mate [4]).

Met de genoemde eigenschap gaat doorgaans gepaard een lage reversibele permeabiliteit, dwz. de magnetisatie wordt door kleine schommelingen van het magnetiseerende veld weinig beïnvloed. Met name heeft dus de ankerreactie weinig invloed op de magneet, hetgeen de stabiliteit van het geheel ten goede komt. Anderzijds staat, als we een vlakke spanning-toerental-karakteristiek willen verkrijgen, een lage reversibele permeabiliteit in de weg aan de als tweede genoemde eisch, dat de stroom door de

[4]) Zooals een nadere beschouwing leert, kan men de voorwaarde nauwkeuriger aldus formuleeren, dat de ontmagnetiseeringskromme, vooral nabij het omkeerpunt van de magnetiseering, een geringe helling moet hebben. Hiervoor is een, in verhouding tot de remanentie, groote coërcitiefkracht van het staal gewenscht — een eigenschap, die de oudere magneetstalen (wolfraamstaal) in veel mindere mate bezaten; vgl. de getrokken en de gestippelde magnetiseeringskromme in fig. 6.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

ankerwikkeling een sterke tegenflux moet opwekken. Immers, dit veld ondervindt dan, voorzoover het door de magneet moet verloopen, een vrij groote magnetische weerstand. Men geeft daarom het tegenveld gelegenheid, zich voor een groot gedeelte buiten de magneet om te sluiten, dwz. men construeert het magnetisch circuit van de ankerwikkeling met een groote spreiding.

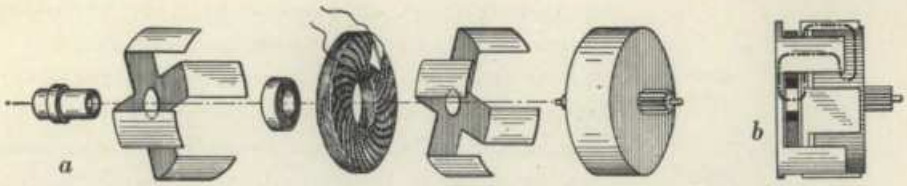


Fig. 4. *a*) De onderdeelen van de dynamo („exploded view"). Men ziet de twee kruisvormige statorblikken, die 45° ten opzichte van elkaar gedraaid op het asje worden bevestigd, aan weerskanten van de ankerspoel, die op een cylindrische kern wordt geschoven. De haaksch omgezette uiteinden der twee kruisen vormen de acht statorpolen, die een cylindrische ruimte omsluiten, waarin de magneet (geheel rechts) roteert.
b) Het magnetisch circuit, gemonteerd. De streep-punt-lijn geeft het verloop van één krachtlijn weer.
c) Aanzicht van het samengestelde circuit.

De van het gebruikelijke sterk afwijkende vorm van het magnetisch circuit is in *fig. 4* te zien. Het wordt gevormd door twee kruisvormige week ijzeren blikken, waarvan de einden haaksch zijn omgebogen, en door een cylindrische week ijzeren kern, waarop de ankerwikkeling wordt aangebracht en tegen welks uiteinden de twee kruisen worden bevestigd. Het binnenste kruis heeft iets kortere armen dan het buitenste. Doordat de twee kruisen 45° ten opzichte van elkaar worden gedraaid, komen de vier haaksch omgezette uiteinden van het ééne kruis tusschen die van het andere kruis te liggen en de acht uiteinden, die als statorpolen fungeeren, omsluiten tezamen een cylindrische ruimte, waarbinnen de magneet roteert. Ankerspoel en magneet zijn dus bij dit eigenaardige circuit als coaxiale cylindrische schijven opgesteld. In fig. 4*b* kan men het verloop der krachtlijnen met behulp van het aangegeven voorbeeld volgen; fig. 4*c* geeft een foto van het samengestelde circuit.

Dat dit circuit de gewenschte groote spreiding zal bezitten, is wel duidelijk, als men let op de groote lengte, waarover naburige statorpolen met betrekkelijk kleine onderlinge afstand naast elkaar liggen.

In *fig. 5* geven we de spanning-toerental-karakterstiek weer, die met de beschreven constructie is verkregen. Dank zij het vlakke verloop hiervan treedt er ondanks de schommelingen van het toerental tijdens het periodieke knijpen slechts een geringe flikkering in het licht van de zaklantaarn op, die door het oog nauwelijks wordt opgemerkt.

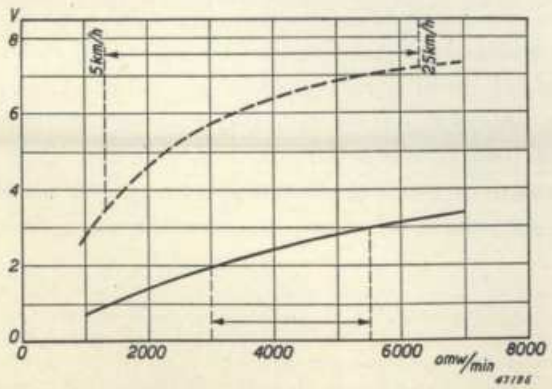


Fig. 5. Verband tuschen de klemspanning en het toerental van de zaklantaarn-dynamo, bij permanent aangesloten gloeilampje voor 2,5 V, 0,1 A. De gestippelde lijn geeft het overeenkomstige verband weer voor de Philips rijwieldynamo type nr. 7722, voorzien van een lampje voor 6 V, 0,5 A.

Door zijn eigenaardige bouw is het magnetisch circuit speciaal aangepast bij de eischen van de massafabricage. Van belang is bijv., dat de ankerwikkeling van te voren als eenvoudige schijfvormige spoel met een wikkelmachine kan worden gereed gemaakt, om bij het samenstellen van het circuit, vóór het aanbrengen van de twee kruisvormige poolstellen, over de kern te worden geschoven.

Ook het feit, dat de magneet als gladde cylinder zonder uitstekende polen is uitgevoerd, is voor de massafabricage zeer belangrijk. Het in de gewenschte vorm gegoten en geharde magneetstaal is zoo hard en bros, dat het practisch geen andere bewerking toelaat dan slijpen. De voorgeschreven eenvoudige cylindervorm maakt het mogelijk om het slijpen op de nauwkeurige maat van de magneet uit te voeren met een voor massaproductie bij uitstek geschikte methode, nl. op een zg. centerlooze slijpmachine, waarbij de duur en de kosten van deze bewerking betrekkelijk gering zijn.

Beveiliging van de dynamo tegen kortsluiting

Door de groote spreiding van het magnetische circuit, waarvan hierboven de noodzaak werd toegelicht, wordt magnetische energie „vermorst". De groote magnetische energie per volume-eenheid van het genoemde magneetstaal „Ticonal" 0,8 maakt, dat men zich deze royaliteit veroorlooven kan, zonder dat men voor het opwekken van de noodige flux in het anker vervalt in een te zware magneet. Zelfs kan men nog verder gaan en een ander deel van de magnetische energie opofferen om de dynamo ongevoelig te maken voor kortsluiting. Een nadere beschouwing moge dit verduidelijken:

In *fig. 6* is de ontmagnetiseeringskromme van

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

het magneetstaal weergegeven, d.i. dat deel der magnetisatiecurve, dat de inductie (in gauss) aangeeft als functie van een ontmagnetiseerend veld (in oersted). Beschouwen we de magnetische weerstand van het circuit als gegeven, dan wordt anderzijds het verband tusschen de inductie en het veld voorgesteld door een rechte lijn door de oorsprong, bijv. k in fig. 6. Aan het snijpunt A van deze

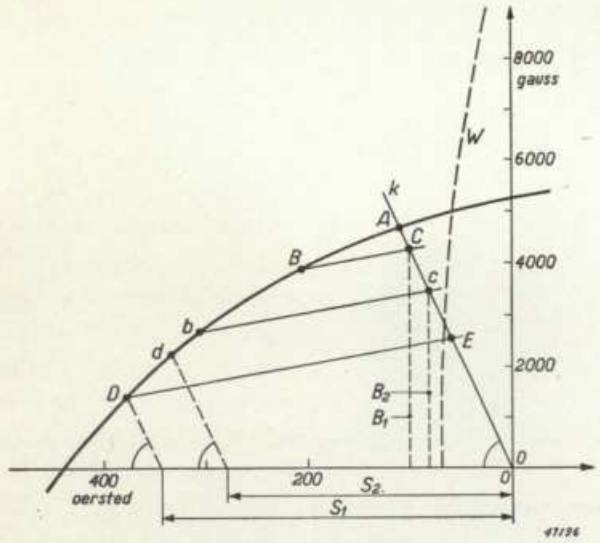


Fig. 6. Ontmagnetiseeringskromme van het in de zaklantaarn-dynamo gebruikte magneetstaal „Ticonal" 0,8. In normaal bedrijf loopt het toestandspunt van het magneetstaal (van een bepaald gedeelte in de polen) bijv. op de lijn BC heen en weer. Door een tijdelijke kortsluiting zou dit punt door het sterke tegenveld S_1 tot D dalen. Demagnetiseert men de magneet al van te voren tot de werklijn bc en geeft men hem overeenkomstig grootere afmetingen om eenzelfde flux te verkrijgen, dan treedt bij kortsluiting slechts een zwakker tegenveld S_2 op (waarbij $S_2 : S_1 = B_2 : B_1$), zoodat het werkpunt slechts tot d daalt. De gestippelde kromme W geeft ter vergelijking de ontmagnetiseeringskromme van wolfraamstaal weer.

lijn met de kromme leest men de inductie af, die het staal zal overhouden, als het, na een magnetisatie tot de verzadiging, in het beschouwde circuit wordt geplaatst. Gaat er nu door draaien van de magneet een stroom in de ankerwikkeling loopen, dan wekt deze een tegenveld op, dat de inductie van A tot B doet dalen; wordt de stroom nul, dan neemt de inductie weer toe, maar niet langs de magnetisatiekromme, maar langs de vrijwel rechte lijn BC, waarvan de helling gelijk is aan de eerder vermelde reversibele permeabiliteit. In de rusttoestand blijft nu het werkpunt in C, terwijl het in het bedrijf heen en weer loopt langs de lijn BC (strikt genomen beschrijft het een heel smalle lus).

Dit geldt echter slechts, zoolang het tegenveld tengevolge van de afgenomen stroom nooit sterker wordt dan correspondeert met het punt B. Treedt een kortsluiting op, waarbij ook maar heel even een veel grootere stroom vloeit, zoodat de inductie tot bijv. D daalt, dan herstelt zich de magneet na het opheffen van de kortsluiting niet meer tot het punt C, maar de inductie klimt nu omhoog langs de lijn DE. Men komt dus tot een nieuw werkpunt E, dat veel ongunstiger kan liggen. Dit beteekent, dat de dynamo na de eenmaal opgetreden kortsluiting geen voldoende spanning meer zal leveren, tenzij de magneet met de speciale hiervoor vereischte hulpmiddelen opnieuw wordt gemagnetiseerd.

Deze fnuikende invloed van een kortsluiting kan eenvoudig worden opgeheven door een wat grootere magneet te nemen en deze reeds bij het monteeren van de dynamo eenigermate te demagnetiseeren, bijv. tot het punt b in fig. 6, zoodat het werkpunt in c komt te liggen [5]). De afmetingen van de magneet moeten zooveel grooter zijn, dat weer dezelfde flux verkregen wordt als voordien, immers, de flux bepaalt onder overigens gelijke omstandigheden de opgewekte wisselspanning. Ook de stroom bij kortsluiting is nu dezelfde, maar de hierdoor veroorzaakte tegen-m.m.k. wordt nu over een grootere magneetlengte verdeeld en het bij kortsluiting optredende ontmagnetiseerende veld (S_2 in fig. 6) is dus evenredig kleiner. Het bij kortsluiting bereikte punt d zal dus niet veel lager dan b liggen en in ieder geval aanzienlijk hooger dan D. Bij geschikte keuze van de begintoestand c kan het werkpunt eventueel zelfs bij kortsluiting nog op de reversibele lijn bc blijven, zoodat de kortsluiting dan geenerlei blijvende verandering nalaat.

Ook bij de zaklantaarn-dynamo is de beschreven methode toegepast, teneinde de mogelijkheid van een onbruikbaar-worden door een enkele tijdelijke kortsluiting uit te sluiten, al is de kans op een kortsluiting miniem, dank zij de volkomen gesloten bouw van het apparaatje. Het wat grootere gewicht van de magneet vormde hier geen bezwaar, vooral waar men dit weer in aftrek kan brengen van de eerder vermelde, ter vergrooting van het traagheidsmoment toe te voegen looden schijf. Het zou dan ook in dit geval practisch geen voordeel opleveren als men de vereischte hoeveelheid magneetstaal zou verminderen door het „Ticonal" 0,8 door een der bestaande nog betere soorten magneetstaal [6]) te vervangen.

[5]) Punt c zal alleen dan op dezelfde lijn k liggen, als mèt de magneet ook de luchtspleet in dezelfde verhouding wordt vergroot. In de practijk zal men dit niet doen; de beschouwingen worden daardoor iets ingewikkelder, maar de conclusies zijn dezelfde.

[6]) Zie bijv.: B. Jonas en H. J. Meerkamp van Embden, Nieuwe staalsoorten van groot magnetisch vermogen, Philips techn. T. **6**, 8, 1941.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

DE GLASACHTIGE TOESTAND

door J. M. STEVELS. 539.213.1

De glasachtige toestand van de materie is een vaste aggregatietoestand, welke ontstaat, wanneer een vloeistof stolt zonder te kristalliseeren. In dit artikel worden de factoren behandeld, welke van invloed zijn op de neiging van een stof om in glasachtige vorm te stollen. De belangrijkste oorzaak voor het ontstaan van een glas is een associatie van de atomen van de vloeistof, welke bij dalende temperatuur van de vloeistof aanleiding geeft tot het ontstaan van steeds grootere complexen. Onder bepaalde in dit artikel behandelde omstandigheden hebben deze complexen practisch geen neiging om in een kristalstructuur over te gaan. De massa stolt dan op een zoodanige wijze, dat de rangschikking van de atomen, over kleine afstanden bekeken, veel gelijkenis vertoont met die in een kristal, terwijl over afstanden van meer dan eenige atomen geen ordening optreedt. — Voor de glasvormende oxyden wordt uitvoerig nagegaan, welke kenmerken van hun structuur verantwoordelijk zijn voor hun neiging tot glasvorming, waarbij in hoofdzaak de beschouwingen van Zachariasen worden gevolgd. Tenslotte wordt ingegaan op de anorganische glazen, die ontstaan door het samensmelten van verschillende oxyden. Aangetoond wordt, dat een glas het beste kan worden samengesteld uit een geschikt zuur oxyde als glasvormer en basische oxyden, die de smelttemperatuur verlagen.

De meeste stoffen zijn bekend in drie aggregatietoestanden: de gasvormige, de vloeibare en de vaste toestand. In de gasvormige toestand hebben de moleculen van de stof geen onderlinge samenhang, zoodat een gegeven hoeveelheid daarvan een ruimte van willekeurige vorm en grootte kan vullen; in de vloeibare toestand is het volume van een hoeveelheid stof nagenoeg onafhankelijk van druk en temperatuur. De vorm van de opgevulde ruimte is echter nog willekeurig, terwijl in de vaste toestand ook deze vorm is vastgelegd.

Bij een dergelijke beschrijving rijst onmiddellijk de vraag, of het wel in ieder geval duidelijk is, met welke aggregatietoestand men heeft te maken. Indien bijv. een vloeistof sterk samendrukbaar is, dan is zijn gedrag onder hooge druk in wezen niet verschillend van dat van een gas. Heeft een vloeistof aan de andere kant een hooge viscositeit, zoodat hij zich slechts zeer langzaam aan de vorm van het vat aanpast, dan kan men twijfelen, of men niet een vaste stof onder handen heeft. Immers, ook bij een vaste stof is onder voldoend hooge druk een geleidelijke vormverandering mogelijk (plasticiteit). Wanneer dus de aggregatietoestanden van de materie slechts waren gekenmerkt door de zoojuist opgesomde karakteristieke eigenschappen, dan was de toestand van de materie steeds min of meer als een overgangsgeval tusschen verschillende aggregatietoestanden te beschouwen.

Dat de aggregatietoestanden van de in de natuur voorkomende stoffen meestal ondubbelzinnig vaststaan, is dus eigenlijk een merkwaardig verschijnsel. De oorzaak hiervan ligt geenszins in de eigenschappen die de stof in elk van die aggregatietoestanden bezit, maar in een tot nu toe niet genoemd fenomeen, nl. dat van de discontinue fase-overgangen. Bij zeer bepaalde temperaturen verandert de stof plotseling van structuur, waarbij hij onder opneming of afgifte van warmte overgaat van één aggregatietoestand in de andere. Door deze fase-overgangen wordt het existentiegebied van de aggregatietoestanden scherp begrensd, zoodat elke onzekerheid wordt weggenomen.

Beschouwen wij nu in het bijzonder de overgang tusschen de vloeibare en de vaste stof, dan komt de structuurverandering in het kort hierop neer, dat de moleculen in de vloeibare toestand een min of meer ongeordende ligging vertoonen, terwijl de vaste stof een bepaalde kristalstructuur heeft. Het komt voor, dat deze structuur bij verdere afkoeling van het gestolde materiaal nog een of meerdere malen (weer onder afgifte van warmte) verandert. Het is dus niet principieel noodzakelijk, dat een fase-overgang met een verandering van de aggregatietoestand gepaard gaat.

De glasachtige toestand

Bij vele stoffen neemt men waar, dat de vloeibare massa door afkoelen geleidelijk vast wordt, zonder dat hierbij sprake is van een fase-overgang. De viscositeit van de vloeistof wordt met dalende temperatuur steeds grooter, totdat tenslotte het vervormen van de massa zoo moeilijk is geworden, dat de stof vast moet worden genoemd. Omgekeerd worden zulke stoffen bij verwarming niet plotseling, maar heel geleidelijk vloeibaar. Blijkbaar treedt bij het verweeken of stollen geen plotselinge structuurverandering op.

Een stof, die zich op deze wijze gedraagt, noemt men in de gestolde toestand een glas. Uit röntgen-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

diffractieopnamen van glazen blijkt inderdaad, dat de atomen in de vaste toestand dezelfde ongeordende ligging vertoonen als in de vloeibare toestand. Dit kan verschillende oorzaken hebben. Ten eerste zou men kunnen denken, dat de moleculen of onderdeelen van moleculen, waaruit het glas is opgebouwd, niet geschikt zijn voor het samenstellen van een regelmatige kristallijne structuur. Dit is echter, althans in de anorganische chemie, een practisch onbekend verschijnsel. Veeleer komt het voor, dat de kristallijne toestand wel bestaat, maar dat de moleculen bij het stollen in hun beweging te sterk zijn gehinderd om deze regelmatige rangschikking te verwezenlijken. Men noemt het glas derhalve een onderkoelde vloeistof en bedoelt hiermee, dat de vloeistof bij het afkoelen de temperatuurzône van een fase-overgang wel heeft gepasseerd, maar dat deze fase-overgang niet heeft plaatsgevonden. De glasachtige toestand is dus instabiel ten opzichte van de kristallijne toestand. In bepaalde gevallen wordt dan ook waargenomen, dat het glas gaat kristalliseeren, hetgeen ontglazing wordt genoemd.

Volledigheidshalve vestigen wij hier nog de aandacht op het verschil tusschen de glazen en de zg. amorfe stoffen, die eveneens een ongeordende molecuulstructuur bezitten, maar niet als onderkoelde vloeistoffen kunnen worden beschouwd. Sommige stoffen worden bijv. in amorfe toestand verkregen door ze uit de damp neer te slaan op een koud oppervlak. De neergeslagen atomen verliezen dan door de afkoeling ineens hun bewegelijkheid en blijven liggen op de plaats, waar ze toevallig zijn neergekomen.

Zeer veel stoffen ontstaan in de vorm van amorfe neerslagen, wanneer zij snel en bij niet te hooge temperatuur uit een oplossing worden geprecipiteerd (bijv. metaalhydroxyden of -oxydehydraten). Een dergelijke amorfe stof wordt gevormd bij de electrolytische oxydatie van aluminium in bepaalde oplossingen, waarbij een (technisch als eloxaalhuid bekende) poreuze, zeer goed hechtende deklaag van Al_2O_3 op het metaal ontstaat. Bij het onderzoek van deze deklaag met röntgenstralen vindt men geen kristallijne structuur. Dit beteekent, dat een eventueele ordening van de atomen ten hoogste over enkele atoomafstanden plaats kan hebben.

Wanneer treedt de glasachtige toestand op?

Zooals reeds werd gezegd, is de oorzaak voor het optreden van een glasachtig stollingsproduct in het algemeen hierin te zoeken, dat de moleculen van de vloeistof in hun bewegingsmogelijkheid te sterk zijn beperkt om de kristallijne toestand te verwezenlijken. Dat de moleculen van een glasachtig stollende vloeistof inderdaad minder goed bewegelijk zijn dan die van andere vloeistoffen, kan men reeds besluiten uit het feit, dat de gesmolten glazen doorgaans een hooge viscositeit bezitten. Het is zeer waarschijnlijk, dat de moleculen van de glazen reeds in de vloeibare toestand zich vereenigen tot groote aggregaten, die door hun vorm of door hun ligging niet geschikt zijn om in een kristallijne structuur te worden vereenigd; het kristalliseeren vereischt dan een volledige hergroepeering van de atomen, waarbij hier en daar ook bindingen in de moleculen moeten worden verbroken. Daardoor neemt het proces veel tijd in beslag en kan slechts bij zeer langzame afkoeling volledig geschieden.

Een frappante illustratie wordt geleverd door het gedrag van zwavel en vooral van selenium, dat bij een niet te langzame afkoeling van de gesmolten stof gemakkelijk in glasachtige vorm wordt verkregen. Daar elk Se-atoom zich door sterke valentiekrachten met twee andere Se-atomen kan vereenigen, worden reeds bij betrekkelijk hooge temperatuur in het gesmolten selenium ketens

Se - Se - Se - Se - Se - Se

gevormd, die met dalende temperatuur steeds langer worden. Dientengevolge neemt de viscositeit van het gesmolten selenium bij temperatuurverlaging snel toe. De krachten tusschen naburige kettingmoleculen zijn in tegenstelling met de krachten binnen een kettingmolecuul betrekkelijk zwak, zoodat weinig neiging bestaat tot kristallisatie. Pas bij een vrij lage temperatuur, waarbij de massa reeds uiterst visceus is geworden, is de toestand bereikt, waarbij de moleculen zich zouden willen ordenen. Inmiddels is echter de bewegingsmogelijkheid van de ketens in het kluwenachtige geheel zoo gering geworden, dat deze ordening slechts heel geleidelijk kan plaats vinden.

Verloopt de daling van de temperatuur vrij snel, dan bereikt de viscositeit spoedig een zoodanige waarde, dat de stof als vast is te beschouwen. De bewegelijkheid van de moleculen is dan practisch nul geworden en een ordening is dan in het geheel niet meer mogelijk.

Een soortgelijk gedrag als bij selenium vindt men bij tal van organische stoffen, bijv. ethanol (ethylalcohol), glycerol, glucose, rietsuiker en diverse alcaloïden, zooals brucine en cocaïne. Ook bij deze stoffen vereenigen de moleculen zich vermoedelijk in de vloeistoftoestand tot geassocieerde complexen, zoodat weinig neiging bestaat tot kristallisatie.

Bij de eigenlijke glazen, welke worden verkregen door het smelten van bepaalde oxyden of oxydemengsels, ligt de analogie van het gedrag met dat van selenium minder voor de hand, en het is derhalve voor een goed begrip van de glasachtige toestand gewenscht om de structuur van de glasvormende oxyden nader te onderzoeken. Wij zullen ons bij de bespreking laten leiden door het werk van

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Zachariasen [1]), die aantoonde, dat het al of niet ontstaan van een glas samenhangt met bepaalde specifieke eigenschappen van de kristalstructuur. De regels van Zachariasen blijken een goed en sluitend beeld te geven van het gedrag der oxyden en kunnen met succes worden toegepast om te voorspellen of een bepaalde verbinding neiging tot glasvorming bezit.

Structuur van glasvormende oxyden

De meest geschikte componenten van glazen zijn volgens een algemeene ervaring de oxyden van elementen (zooals borium en silicium), die kleine en hoog geladen ionen hebben. We kunnen ons deze oxyden in eerste benadering opgebouwd denken uit negatieve zuurstofionen (O^{2-}) en de zeer veel kleinere positieve ionen van borium of silicium (B^{3+} of Si^{4+}). In deze gevallen is de aantrekkingskracht van het centrale positieve ion zoo groot, dat de ladingswolken van de naburige negatieve ionen hier sterk naar toe worden getrokken. Een beschouwing, die als plaats van de negatieve lading het middelpunt van de negatieve ionen kiest, kan dus niet tot kwantitatief juiste resultaten leiden. Zij is echter zeer nuttig voor ons doel, dwz. voor het vinden van het verband tusschen de structuur van de glasvormende oxyden en hun neiging tot glasvorming.

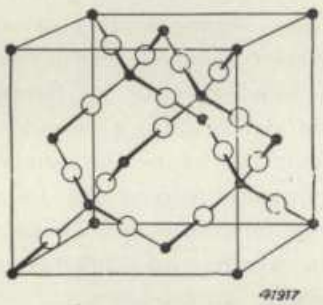


Fig. 1. Kristalstructuur van crystobaliet. Zwarte stippen siliciumionen (Si^{4+}), witte cirkels zuurstofionen (O^{2-}). Elk siliciumion is omgeven door een tetraëder van zuurstofionen.

Evenals in het geval van selenium willen wij allereerst nagaan, hoe de deeltjes zich bij dalende temperatuur zullen vereenigen tot grootere aggregaten. De wijze, waarop dit geschiedt, zullen wij trachten te begrijpen aan de hand van twee voorbeelden, nl. uit de structuur van crystobaliet, de kristallijne modificatie van SiO_2, die bij hooge temperatuur stabiel is, en uit die van B_2O_3. De structuur van crystobaliet, die uit het onderzoek met behulp van röntgenstralen goed bekend is, is in *fig. 1* weergegeven. Wij zien, dat hierin elk Si^{4+}-ion is omringd door vier zuurstofionen, gerangschikt volgens een tetraëder. Elk van deze zuurstofionen is echter niet alleen aan één positief ion gebonden, maar maakt tevens deel uit van de omringing van een naburig positief ion. Op deze wijze kan de structuur naar alle richtingen worden voortgezet, zoodat het geheele kristalrooster door valentiekrachten wordt samengehouden. In het geval van boriumoxyde vindt men een omringing door slechts drie zuurstofionen. De structuur van boriumoxyde en die van siliciumoxyde bevatten dus resp. driehoekige en tetraëdervormige ionengroepen, welke in *fig. 2* zijn weergegeven. De tusschenruimte tusschen de zuurstofionen biedt slechts plaats voor een ion van veel geringere afmetingen, en het ligt dus voor de hand, dat deze structuren slechts bij zeer kleine positieve ionen zullen worden gevormd.

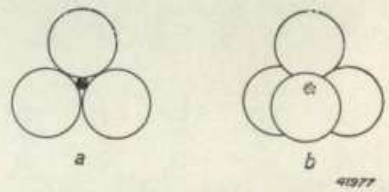


Fig. 2. De meest voorkomende ionengroepen in de kristalstructuren van de oxyden van glasvormende ionen:
a) drievoudig geladen positief ion met drie omringende zuurstofionen (het geval van B_2O_3),
b) viervoudig geladen positief ion met vier omringende zuurstofionen (het geval van SiO_2).

Zuiver meetkundig beschouwd, zou het siliciumion of het boriumion zich ook met een grooter aantal, bijv. met 6, negatieve zuurstofionen kunnen omringen. Daar de holte tusschen 6 negatieve ionen echter aanmerkelijk grooter is dan het hoog geladen centraalion zelf, is deze wijze van omringing energetisch niet stabiel; tengevolge van de aantrekking door de positieve lading worden de negatieve ionen zoo dicht mogelijk naar het centraalion toegetrokken, en dit heeft tot gevolg, dat een aantal negatieve ionen uit de eerste omringing van het centraalion worden weggestooten. Het resultaat is dus de genoemde groepeering van de omringende ionen in drichoeken of tetraëders.

Op welke wijze deze ionengroepen zich nu tot een kristal kunnen vereenigen, blijkt nader uit *fig. 3*, waarin een aantal regelmatige structuren — en wel eenvoudigheidshalve vlakke structuren — zijn weergegeven, die uit de driehoekvormige groep zijn afgeleid.

Het kenmerkende verschil tusschen fig. 3*a* eenerzijds en fig. 3*b* en 3*c* anderzijds is, dat in geval *a*) elk negatief zuurstofion behoort bij drie naburige groepen, terwijl in de gevallen *b*) en c) door elk zuur-

[1]) W. H. Zachariasen, J. Amer. Chem. Soc. **54**, 3841, 1932; J. chem. Physics **3**, 162, 1935.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

stofion slechts twee naburige groepen met elkaar zijn verbonden. Welke van deze twee mogelijkheden gerealiseerd zal worden, hangt af van de lading van het positieve ion. Onderstelt men, dat het positieve ion — evenals de zuurstofionen — tweevoudig is geladen,

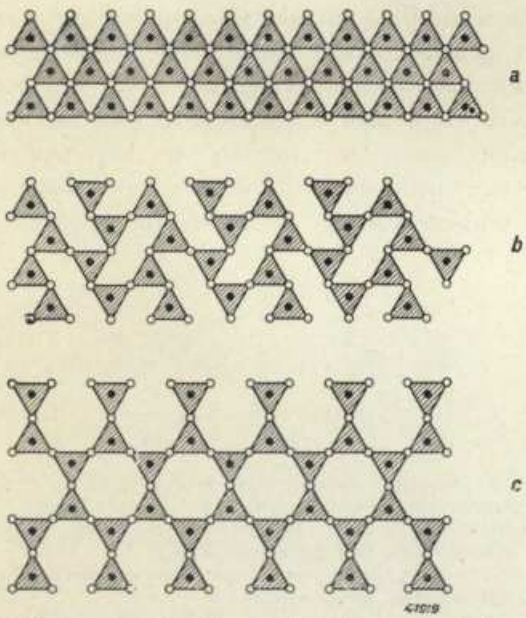


Fig. 3. Schematisch beeld van de wijze, waarop uit driehoekige ionengroepen in een plat vlak kristalstructuren kunnen worden gevormd. In geval *a*) komen in elk hoekpunt drie ionengroepen samen, in de gevallen *b*) en *c*) slechts twee ionengroepen. Het geval *c*) onderscheidt zich van *b*) door een meer symmetrische rangschikking van de positieve ionen en door een ijlere structuur.

dan ziet men, dat de negatieve lading van de ionendriehoek drie maal zoo groot is als de positieve lading van het centrale ion. Een neutraal geheel kan dan slechts worden verkregen door elk zuurstofion te doen behooren tot drie verschillende groepen, zoodat een structuur volgens fig. 3*a* zal ontstaan. Heeft het positieve ion echter een drievoudige lading, dan is de negatieve lading van de ionendriehoek slechts tweemaal zoo groot als de positieve lading, zoodat elk zuurstofion slechts aan twee positieve ionen gekoppeld zal zijn. De ijle structuren van de aard van fig. 3*b* of 3*c* zijn dan het resultaat.

Het feit, dat hooggeladen positieve ionen aanleiding geven tot een ijle structuur, lijkt misschien paradoxaal, maar men kan dit algemeen op de volgende wijze inzien. Hebben we te maken met polyeders, bestaande uit m tweevoudig geladen negatieve zuurstofionen ($m = 3$ voor een driehoek, $m = 4$ voor een tetraëder), waarvan ieder ion „behoort" bij n positieve ionen, die zelf een p-voudige lading dragen, dan moet terwille van electroneutraliteit $2/n = p/m$ zijn. Bij één bepaalde soort polyeders is dus pn = constant, met andere woorden een hooge lading p van het centrale positieve ion heeft een lage waarde van het „coördinatiegetal" [2]) n van de negatieve ionen en dus een ijle structuur tengevolge.

Men zou kunnen meenen, dat de structuur *b*) energetisch voordeeliger is dan *c*), immers zij heeft een grootere dichtheid en geeft dus sterker toe aan de aantrekkende krachten tusschen de deeltjes. Deze meening blijkt echter onjuist te zijn. Een structuur als 3*b* is slechts mogelijk, indien elk positief ion op een weinig symmetrische wijze is omringd door andere positieve ionen, zoodat de onderlinge afstanden van sommige van deze ionen klein zijn. Nu zijn juist deze naburige positieve ionen door de omringende negatieve lading ten opzichte van elkaar niet volledig afgeschermd. Zij zullen elkaar dus sterk afstooten, hetgeen de structuur minder stabiel maakt. Het resultaat is, dat de volledig symmetrische configuratie volgens fig. 3*c* energetisch gunstiger is dan 3*b*. Men kan dit ook uitdrukken door te zeggen, dat de afstootende krachten tusschen de hoog geladen positieve ionen het rooster „opblazen", totdat een symmetrische, zij het dan ook ijle structuur wordt verkregen.

Dezelfde krachten, welke in de kristallijne toestand werkzaam zijn, zijn ook reeds werkzaam in de vloeibare toestand van de beschouwde oxyden. Volkomen geordende roosterstructuren zijn dan nog niet aanwezig, maar de eerste omringing van elk positief ion door negatieve ionen zal van die in een kristal niet veel verschillen, terwijl ook hier de electrostatische krachten van de ionen tengevolge zullen hebben, dat de aldus gevormde ionengroepen zich door gemeenschappelijke zuurstofionen tot grootere aggregaten vereenigen. Deze aggregaten zullen, wat de onderlinge samenhang van naburige ionengroepen betreft, veel gelijkenis vertoonen met de uiteindelijke kristalstructuur; over grootere afstanden zal de ordening zich echter niet kunnen handhaven.

Voor de kristaltypen van fig. 3*a* en *c* is nu in *fig. 4* de ordening in de vloeibare toestand schematisch weergegeven. Bij een poging om een dergelijke figuur te ontwerpen blijkt onmiddellijk, dat zich deze twee gevallen geheel verschillend gedragen: bij het roostertype *a*) heeft men alleen de keuze tusschen het exact juiste kristalrooster of een structuur, waarin de bindingen tusschen naburige ionengroepen gedeeltelijk zijn verbroken, bij het type *c*) daarentegen kunnen door kleine veranderingen van de valentiehoeken (welke tengevolge van de temperatuurbeweging altijd optreden) geheel onregelmatige

[2]) Met dit woord duidt men algemeen aan het aantal naaste buuratomen (of ionen), die één bepaald atoom (of ion) bezit.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

structuren ontstaan. Daar de valentiekrachten bij ionenbinding geen uitgesproken voorkeursrichting bezitten, zijn de genoemde ongeordende structuren energetisch vrijwel even gunstig als de ideale kristalstructuur.

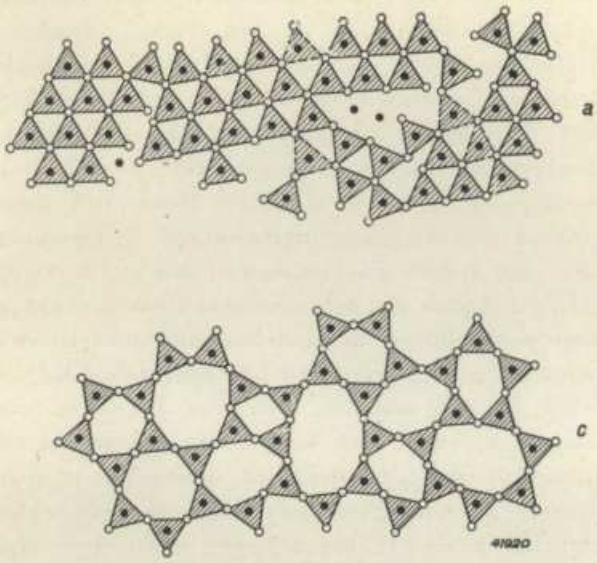


Fig. 4. Schematisch beeld van een vloeistof waarin associatie optreedt volgens de structuren van fig. 3*a*) resp. *c*). In het geval *a*) moeten, wanneer geen volledige ordening aanwezig is, onverzadigde valenties aanwezig blijven; in het geval *c*) daarentegen onderscheidt zich de ongeordende toestand van de geordende toestand slechts door kleine veranderingen van de valentiehoeken. Dientengevolge is in geval *c*) bij de ordening slechts weinig winst in energie te behalen.

Uit deze beschouwing volgt, dat stoffen met roosters van het type *c*) bij het stollen een soortgelijk gedrag vertoonen als selenium. Daar de bindingskrachten tusschen de ionen zeer groot zijn, zal reeds bij hooge temperatuur een associatie optreden en aanleiding geven tot een sterk toenemen van de viscositeit met dalende temperatuur. De geassocieerde groepen hebben dan weliswaar nog geen kristallijn karakter, maar zijn energetisch slechts weinig ongunstiger dan de kristalstructuur, zoodat hun neiging tot kristallisatie betrekkelijk klein is. Daardoor begint deze pas bij een zoo lage temperatuur, dat de viscositeit van het materiaal het verschijnsel ten zeerste vertraagt. Bij niet zeer langzame afkoeling blijft de kristallisatie geheel achterwege en ontstaat een glas.

Generalisatie van de voorwaarde voor glasvorming

In het bovenstaande werd de glasvorming van de oxydische ionenroosters verklaard uit de mogelijkheid om ongeordende structuren te vormen, waarin de valentiekrachten — behoudens een kleine verandering van de valentiehoeken — even goed tot hun recht komen als in de kristalstructuur. Hierbij hebben wij reeds gezien, dat bij voorkeur ijle structuren aan deze voorwaarde voldoen; in het bijzonder bleek de glasvorming bij een structuur van het type van fig. 3*a* onmogelijk te zijn.

De algemeene formuleering van de kenmerken welke de structuur van een oxyde moet bezitten, opdat het een glas kan vormen, wordt op deze wijze teruggebracht tot een meetkundig probleem. Dit probleem is vrij ingewikkeld, omdat het thans niet in het platte vlak, maar in de ruimte moet worden behandeld. Wij zullen hier niet op de details ingaan, maar slechts de practische resultaten samenvatten in de volgende vier regels:

1) Ieder zuurstofion moet gebonden zijn aan niet meer dan twee positieve ionen, die hoog geladen en klein moeten zijn.
2) Het aantal zuurstofionen, die zulk een positief ion omgeven, mag niet te groot en niet te klein zijn (3 of 4).
3) De aan elkaar grenzende ionengroepen mogen wel gemeenschappelijke hoekpunten hebben, maar geen gemeenschappelijke ribben of zijden.
4) Er moeten ionengroepen voorkomen, die tenminste drie zuurstofionen met naburige ionengroepen gemeen hebben.

Sommige van deze regels (in het bijzonder de eerste) volgen reeds uit de door ons gegeven beschouwing van het vlakke geval. Andere kan men pas door een beschouwing van ruimtelijke structuren verifieeren.

Deze door Zachariasen gevonden voorwaarden blijken bij de glasvormende ionen altijd bevredigd te zijn, en omgekeerd kan men zeggen, dat elk oxyde, dat hieraan voldoet, geschikt is om een glas te vormen. Ook op andere, aan de oxyden verwante verbindingen kan men deze beschouwingen toepassen. Zoo volgt hieruit bijv. voor de fluoriden, dat alleen berylliumfluoride in de glasachtige toestand kan voorkomen, hetgeen inderdaad bevestigd wordt gevonden. In *fig.* 5 zijn ter illustratie de struc-

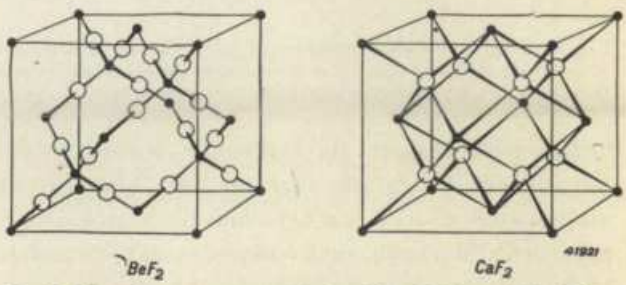


Fig. 5. Kristalstructuren van de fluoriden BeF_2 en CaF_2. Witte cirkels F^--ionen, zwarte stippen Be^{2+}- resp. Ca^{2+}-ionen. Bij de eerstgenoemde structuur, welke identiek is met die van crystobaliet, is aan de voorwaarden tot glasvorming voldaan, bij de laatstgenoemde is dit niet het geval: de ionengroepen raken elkaar niet slechts met hoekpunten maar met geheele zijvlakken, en elk fluoratoom behoort tot meer dan twee ionengroepen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

turen van BeF_2 en CaF_2 weergegeven en men ziet, dat de laatstgenoemde verbinding niet voldoet aan de drie eerste voorwaarden van Zachariasen, doch wel aan de vierde. De fluorionen spelen hier dezelfde rol als de zuurstofionen in het geval van oxyden.

Overzicht van glasvormende oxyden

In het voorgaande hebben wij gezien, dat de voor het ontstaan van een glas noodige ijle structuren slechts kunnen worden verkregen, wanneer de positieve ionen een kleine diameter en een hooge lading hebben. Bij de beschouwde driehoekige O^{2-}-groepen bleek het positieve ion tenminste drievoudig geladen te moeten zijn; voor tetraëdervormige O^{2-}-groepen, die in ruimtelijke structuren veel meer voorkomen, volgt op dezelfde wijze een minimum lading vier. Wij kunnen dus verwachten, dat de elementen van de vierde en vijfde kolom van het periodieke systeem der elementen het meest als „glasvormers" geschikt zijn.

Een experimenteel onderzoek heeft de verwachting bevestigd. In *fig. 6a* zijn de elementen aangegeven, welke volgens de ervaring en ook volgens de regels van Zachariasen glasvormers zijn. De plaats van die elementen in het periodieke systeem (fig. 6*b*) stemt volkomen overeen met de uitgesproken verwachting.

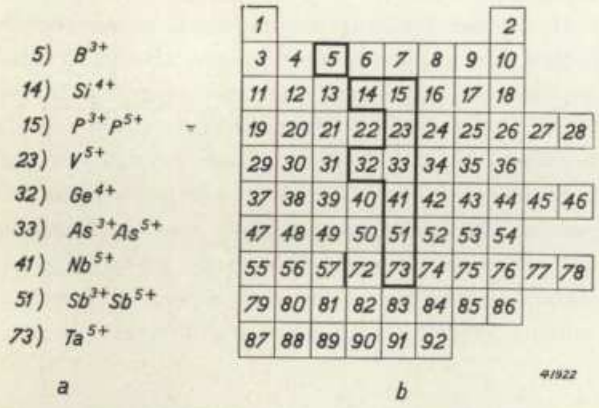


Fig. 6. *a*) Lijst van glasvormers, *b*) ligging van de glasvormers in het periodieke systeem der elementen. De glasvormers zijn hoofdzakelijk te vinden in de vierde en vijfde kolom.

Het belangrijkste glasvormende element is wel het silicium. Het oxyde daarvan, SiO_2, komt in vier modificaties voor, die in verschillende temperatuurgebieden stabiel zijn. In de volgorde van toenemende stabiliteitstemperatuur gerangschikt, zijn deze modificaties α-kwarts, β-kwarts, tridymiet en het reeds genoemde crystobaliet.

Bij alle modificaties wordt het siliciumion omringd door een tetraëder van zuurstofionen, maar er bestaat verschil in de wijze, waarop de tetraëders zich om elkaar heen groepeeren. Behalve de kristallijne modificaties bestaat ook nog een glasachtige modificatie, het zg. kwartsglas. Uit röntgendiffractie-opnamen is gebleken, dat dit glasachtige SiO_2 een crystobalietachtige structuur heeft. Deze structuur is in werkelijkheid niets anders dan het ruimtelijke analogon van de ijle, vlakke structuur, welke wij in fig. 3*c* met behulp van driehoeken hebben opgebouwd. Evenals bij deze structuur is het door kleine veranderingen van de valentiehoeken mogelijk om een rangschikking te verkrijgen, welke, over grootere afstanden beschouwd, ongeordend is en een glasachtige toestand vertegenwoordigt. Bij andere glasvormende ionen uit de vierde en vijfde kolom van het periodieke systeem verkrijgt men soortgelijke structuren, bestaande uit tetraëdervormige ionengroepen. In het glasachtige B_2O_3 is ieder B^{3+}-ion omgeven door drie O^{2-}-ionen, met andere woorden, hier heeft men te doen met een structuur, die uitsluitend uit driehoeken is opgebouwd [3]). Volledigheidshalve vermelden wij echter, dat in de meeste boraatglazen naast deze driehoekige O^{2-}-ionengroepen ook tetraëdervormige voorkomen.

Anorganische oxyde-glazen

Stelt men een glas samen uit de oxyden van verschillende elementen, zooals men vaak doet om een lage smelttemperatuur te verkrijgen, dan behoeft slechts één van deze een glasvormer te zijn. De kationen van de overige oxyden vinden hun plaats in de groote holten van de ijle structuur en maken daardoor het stollen moeilijker: dientengevolge wordt de smelttemperatuur lager en de kans op vorming van een regelmatige, kristallijne structuur kleiner. Als voorbeeld beschouwen wij de glazen, welke ontstaan, wanneer in de holten van het siliciumoxyde-netwerk positieve metaalionen, bijv. calcium, barium, lood, enz. zijn opgenomen. Daar het geheel electrisch neutraal moet blijven, moet hierbij natuurlijk ook het aantal negatieve zuurstofionen worden vergroot. Dit geschiedt, doordat op een aantal plaatsen de samenhang tusschen naburige zuurstoftetraëders wordt verbroken, waarbij telkens een gemeenschappelijk zuurstofion van twee naburige groepen door twee afzonderlijke zuurstofionen wordt vervangen. De structuur, welke op deze wijze ontstaat, is in *fig. 7* weergegeven, waarbij ter vereenvoudiging weer een vlak schema is toegepast. De grijze stippen van verschillende grootte stellen verschillende me-

[3]) Het ruimtelijke netwerk van het glasachtige B_2O_3 bestaat dus uit „tweedimensionale" structuren van de aard van fig. 4*c*, die op vrijwel willekeurige wijze door elkaar liggen, waarbij echter ook dwarse verbindingen aanwezig zijn.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

taalionen voor. Door wisselende hoeveelheden en combinaties van deze ionen is het mogelijk vele tienduizenden glazen met zeer uiteenloopende eigenschappen te verkrijgen.

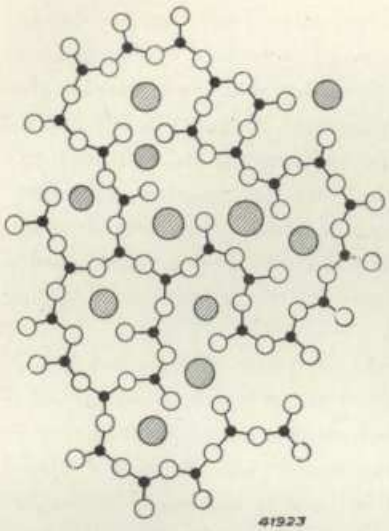


Fig. 7. Schematische voorstelling (in een plat vlak) van de structuur van een glas, bestaande uit een glasvormend oxyde en verschillende metaaloxyden. Zwarte stippen zijn positieve ionen van een glasvormer, witte cirkels zuurstofionen, grijze cirkels verschillende metaalionen. (Overgenomen van B. E. Warren en A. D. Loring, J. Amer. Ceram. Soc. **18**, 269, 1935.)

Vergeleken met de glasvormende ionen bezitten de metaalionen een kleine positieve lading en een veel grootere diameter. Dit beteekent dus, dat de glasvormende ionen aan hun oppervlak een veel grootere electrische veldsterkte bezitten. Het is nu merkwaardig, dat dit verschil ook chemisch op een zeer karakteristieke wijze tot uiting komt: de glasvormende oxyden reageeren zuur, terwijl de metaaloxyden basisch reageeren. Algemeen blijkt het mogelijk om de veldsterkte ter plaatse van het middelpunt van het aangrenzende zuurstofion als een maat voor de „aciditeit" van een positief ion te beschouwen [4]). Men kan dan zeggen, dat men een glas het beste kan samenstellen uit een zuur oxyde als eigenlijke glasvormer, en één of meer basische oxyden als „vloeimiddelen", waarvan de kationen de holten in de ijle structuur moeten vullen.

Wat zal er nu gebeuren, indien men als toevoeging tot een glasvormend oxyde, bijv. SiO_2, metaaloxyden gebruikt van steeds kleinere basiciteit, respectievelijk steeds grootere aciditeit? Zoolang de toevoeging beperkt is tot de echte basische oxyden (Na_2O, CaO, PbO en dergelijke), blijft de glasachtige toestand bestaanbaar. Gaat men echter verder door in de reeks, dan zullen de holten van de glasstructuur door de aantrekkingskrachten van de metaalionen steeds sterker worden samengetrokken, tot tenslotte de glasstructuur onbestaanbaar wordt. Er treedt dan een ontmenging op van het metaaloxyde en het SiO_2: ieder van de twee soorten positieve ionen omgeeft zich volgens zijn eigen coördinatiegetal met zuurstofionen en vormt in overeenstemming hiermee een eigen roosterstructuur, met als gevolg een sterke neiging tot ontglazing. Dit geval doet zich bijv. voor, wanneer aan het SiO_2 titaniumoxyde (TiO_2) wordt toegevoegd. Gaat men naar oxyden van nog hoogere aciditeit over, dan komt men weer bij de oxyden van de glasvormers, zooals GeO_2, B_2O_3, P_2O_5. De neiging tot ontglazing verdwijnt nu weer en men verkrijgt een homogene structuur. Blijkbaar lijken deze glasvormende ionen in coördinatiegetal en valentie zoo sterk op het siliciumion, dat deze ionen een gemeenschappelijke glasstructuur kunnen vormen.

[4]) Zie A. Dietzel, Naturwiss. **23**, 537, 1941; Z. Elektrochem. **48**, 8, 1942.

EEN RICHTTOESTEL VOOR DE OPERATIEVE BEHANDELING VAN DIJBEENHALSBREUKEN

door G. J. van der PLAATS en A. VERHOEFF. 616.718.42-001.5-089.2

Voor het heelen van een fractuur van de dijbeenhals wordt gewoonlijk een operatieve behandeling toegepast, waarbij de deelen van het gebroken bot, na het inboren van een geleidingsnaald, door het inhameren van een holle stalen pen weer tot een stevig geheel worden verbonden. Bij de uitvoering van een dergelijke „heupverpenning" ziet de chirurg zich voor het probleem gesteld, hoe de geleidingsnaald moet worden gericht teneinde precies de gewenschte, vooraf met behulp van röntgenfoto's vastgestelde, ligging van de pen te verkrijgen. Door Philips is hiervoor een richttoestel geconstrueerd, dat in vergelijking met andere apparaten voor dit doel, o.a. het voordeel heeft, dat de noodige, uit de röntgenfoto's afgeleide, instellingen alle vóór de eigenlijke operatie kunnen plaatsvinden. De operatie wordt daardoor aanmerkelijk bekort, terwijl verder het toestel, afgezien van de drager van de geleidingsnaald, niet steriel behoeft te worden gemaakt.

Conservatieve en operatieve fractuurbehandeling

Over het algemeen kan de chirurgische behandeling van beenderbreuken zich beperken tot het „zetten" van de fractuur, waarbij er naar gestreefd wordt de fragmenten weer zoo goed mogelijk in de juiste stand te brengen. Is deze „repositie" gelukt en blijft de stand verder goed, hetgeen door röntgenonderzoek gecontroleerd dient te worden, dan zorgt het lichaam zelf wel verder voor de eigenlijke reparatie door de vorming van

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

nieuw bindweefsel, dat later verkalkt (callusvorming) en een hechte verbinding tot stand brengt (consolidatie).

Er zijn echter gevallen, waar deze zg. gesloten of conservatieve fractuurbehandeling niet voldoet, hetzij omdat geen voldoende callusvorming optreedt, hetzij omdat deze callusvorming zich zoo langzaam voltrekt, dat de patient maandenlang op bed moet blijven liggen, met het aan de medici welbekende gevaar van secundaire longaandoeningen of andere stoornissen. Een klassiek voorbeeld hiervan is de dijbeenhalsbreuk (fractura colli femoris). Deze breuk treedt meestal op bij oudere menschen, door een val op de zij, en aangezien op deze plaats de callusvorming in het algemeen te wenschen overlaat en de genoemde fractuur uiteraard het gebruik van de beenen onmogelijk maakt, zou bij de gesloten behandeling een zeer langdurige immobilisatie van den patient onvermijdelijk zijn.

Men is daarom voor dit soort breuken al sinds lange tijd overgegaan tot een andere behandelingswijze. Na de repositie wordt langs operatieve weg het gebroken bot blootgelegd, waarop door het inslaan van een van vleugels voorziene pen de fragmenten stevig met elkaar worden verbonden. De röntgenopname *fig. 1* geeft een voorstelling van een dergelijke „heupverpenning". Is de fractuur aldus „gepend", dan kan de patient gewoonlijk reeds na eenige weken het bed verlaten en loopen. In de gunstig verloopende gevallen vormt het lichaam

Fig. 1. Röntgenfoto van een gebroken dijbeenhals met ingeslagen pen (heupverpenning).

callus ondanks het reeds gebruiken van het been en vindt de consolidatie rondom de pen plaats. De pen, waarvoor men tegenwoordig meestal een speciaal roestvrij staal gebruikt — vroeger nam men een stuk bot uit het kuitbeen van den patient — kan later eventueel met een kleine operatieve ingreep er weer uitgenomen worden.

Het richten van de pen bij de heupverpenning

De pen moet van de buitenkant van het dijbeen door de dijbeenhals naar het midden van de dijbeenkop en daar voorbij worden gedreven (fig. 1). Hoe de nauwkeurige ligging van de pen uiteindelijk zal moeten zijn, kan de chirurg uit de röntgenfoto's van het gebroken bot, na de repositie, opmaken. Het kernprobleem van de beschreven methode is nu, hoe het richten en inslaan van de pen moet worden uitgevoerd, opdat precies de gewenschte ligging wordt verkregen.

Het inslaan van de ca 8 mm dikke pen kan niet gebeuren, zonder dat er een geleiding voor aanwezig is. Men maakt daarom de pen hol en slaat haar over een dunne geleidingsnaald van breinaaldenstaal heen, die vooraf in het bot is ingeboord en na het inslaan van de pen teruggetrokken wordt. Het probleem van het richten is daarmee natuurlijk niet opgelost, maar wel iets vergemakkelijkt, doordat het verplaatst is van de pen naar de veel dunnere geleidingsnaald. Hierbij is een fout in de gekozen richting nog te herstellen door nieuwe naalden in te boren, totdat de contrôlefoto's de zekerheid geven, dat de naald de goede ligging heeft. Inderdaad ging men in de laatste tijd gewoonlijk zoo te werk: het richten van de naald gebeurde op het oog, met als eenige hulp enkele richtpunten en voorschriften op anatomische basis, en zelden was dan bij de eerste poging de naald dadelijk op de goede plaats. Het gevolg was een lange operatieduur (eventueel met een lange narcose) en het hiermee verbonden risico voor complicaties.

Men heeft herhaaldelijk getracht hierin verbetering te brengen door de constructie van richttoestellen, die het mogelijk moesten maken om reeds de eerste geleidingsnaald de juiste, op grond van de foto's gekozen, ligging te geven. Meestal moesten deze toestellen ten opzichte van het lichaam van den patient worden gefixeerd door ze te bevestigen aan een afzonderlijk ergens in het bovenbeen geslagen steunpen, terwijl dan uiteraard het grootste deel van het toestel steriel moest zijn en de instelling geheel en al tijdens de eigenlijke operatie (bij blootliggend bot) moest gebeuren. Het behoeft niet te verwonderen, dat de meeste chirurgen deze hulpmiddelen weer terzijde hebben gelegd. Hun aandacht werd er al te zeer door afgeleid van de operatie zelf, waarbij geen tijd en aandacht aan ingewikkelde instellingen kan worden besteed en waarbij de chirurg er amper vrede mee zal hebben, de tijd

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

noodig voor het laten maken en het bezien der contrôlefoto's op te offeren.

Het nieuwe richttoestel

De genoemde fouten worden vermeden in een nieuw richttoestel voor de heupverpenning, dat bij Philips is geconstrueerd[1]). Om de operatie daadwerkelijk te bekorten, is bij dit toestel er voor gezorgd, dat de manipulaties van het fixeeren en instellen alle vóór de eigenlijke operatie kunnen plaatsvinden. Hiertoe is afgestapt van het bevestigen van het toestel aan het bot zelf, maar worden bot en toestel beide gefixeerd ten opzichte van een derde lichaam, de operatietafel resp. een hierop bevestigde statiefzuil. Voorts is het richten van de naald herleid tot drie instellingen, die op eenvoudige wijze kunnen worden afgeleid uit de vooraf te maken röntgenfoto's, welke toch noodig zijn om te controleeren of de repositie is geslaagd.

dat de naald steeds naar eenzelfde punt blijft wijzen (punt *O* in fig. 2*a*). Dit punt ligt op een vaste afstand verticaal onder het scharnier. Doordat echter dit scharnier aan een statief-arm is bevestigd (*A* in fig. 2*b*), die zelf weer om een verticale statiefzuil gedraaid, langs deze verticaal verschoven en nog in lengte gevarieerd kan worden, kan men het punt *O* op een willekeurig voor te schrijven plaats ten opzichte van de operatietafel brengen. De medicus moet nu het punt *O* doen samenvallen met het centrum van de dijbeenkop van den op de operatietafel gefixeerden patient. Dan wijst de geleidingsnaald immers altijd naar dit centrum. Daarna behoeven alleen nog de hoek in het horizontale en die in het verticale vlak te worden ingesteld.

Om een en ander te bewerkstelligen, wordt van het dijbeen door een vóór-achterwaartsche (ten opzichte van den patient) en een zijwaartsche röntgenfoto een horizontale en een verticale pro-

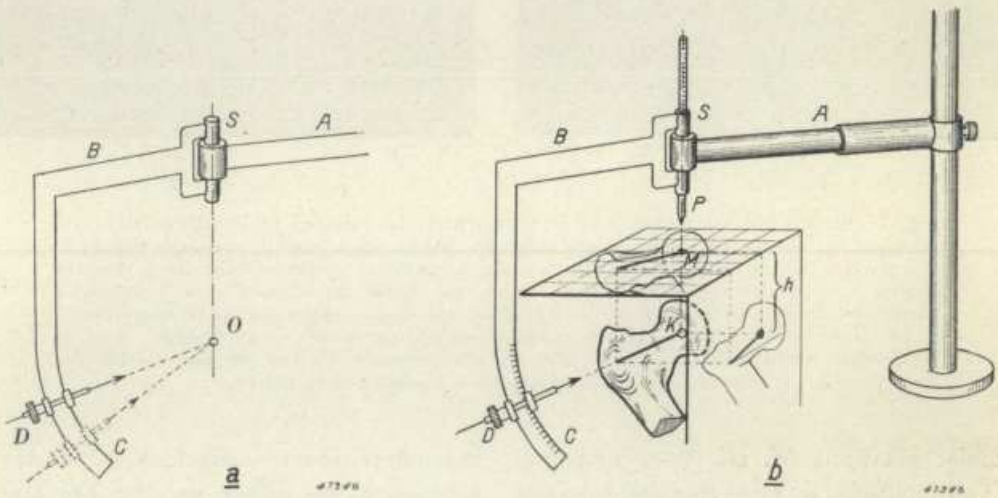


Fig. 2. Principe van het nieuwe richttoestel.
a) *D* naaldgeleider met de in te boren geleidingsnaald, *C* cirkelboog met graadverdeeling, *B* arm die om het scharnier *S* kan worden gedraaid. De geleidingsnaald blijft bij draaien van *B* en bij verschuiven van *D* langs *C* steeds op eenzelfde punt *O* gericht, dat een bepaalde afstand verticaal onder *S* ligt.
b) De gebroken dijbeenhals wordt door röntgenfoto's op een horizontaal en een verticaal vlak geprojecteerd. *K* centrum van de dijbeenkop, *M* projectie hiervan op het horizontale vlak, *h* diepte van *K* onder *M*. *P* verticale, van een schaalverdeeling voorziene, in het scharnier *S* verschuifbare scharnierstift, *A* telescoopachtig uit te trekken statief-arm. Is *P* op een met *h* correspondeerende deelstreep ingesteld en wordt het uiteinde van *P* in het punt *M* gebracht, dan ligt het vaste mikpunt *O* van de geleidingsnaald in het kopcentrum *K*. In de beide projecties wordt de gewenschte ligging van de heuppen ingeteekend, waarna de naaldgeleider op de gevonden hoeken kan worden ingesteld.

Het principe van het toestel is verduidelijkt in *fig. 2a* en *b*. De in het bot te boren naald wordt in een naaldgeleider aangebracht, die om een horizontale as (door glijden langs de cirkelboog *C*) en om een verticale as (door draaien van de arm *B* om een scharnier *S*) kan worden gezwenkt, zoodanig,

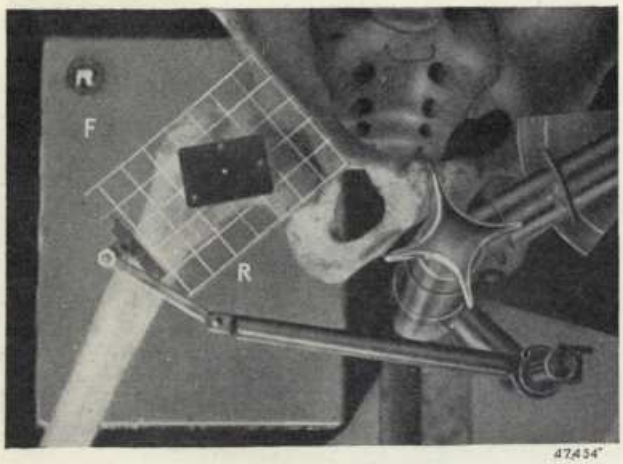
jectie ontworpen. Men stelle zich eenvoudigheidshalve voor, dat de twee projectievlakken de twee in fig. 2*b* aangegeven, vast met de operatietafel verbonden vlakken zijn, die de assen van een driedimensionaal rechthoekig coördinatenstelsel bevatten. De projectie van het centrum van de dijbeenkop op het horizontale vlak is met *M* aangeduid. De projectie van het centrum op het verticale vlak ligt een afstand *h* beneden het horizontale projectievlak. De statief-arm *A* wordt nu zoo ingesteld, dat het

[1]) De practische toepassing van het toestel is onder leiding van den het eerst genoemden auteur in het ziekenhuis „Calvariënberg" te Maastricht nader uitgewerkt en heeft in een groot aantal gevallen reeds goede resultaten opgeleverd.

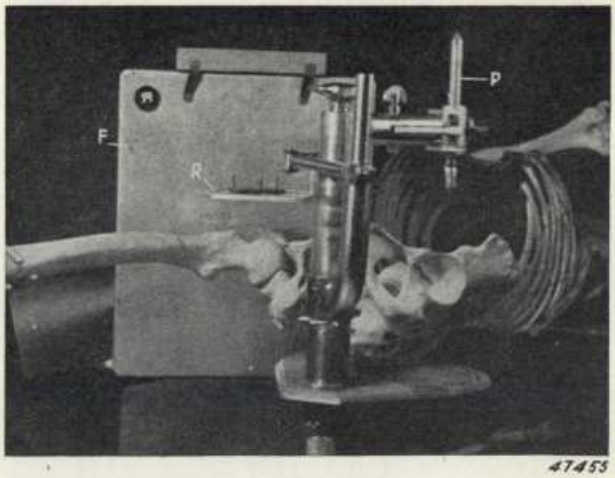
Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

uiteinde van de, in het scharnier S verticaal verschuifbare en van een schaalverdeeling voorziene, scharnierstift P in het punt M staat. Het scharnier staat op het nulpunt der schaal, wanneer het uiteinde van de stift samenvalt met het punt O, d.i. het vaste mikpunt van de geleidingsnaald. Heeft men van te voren de stift zoover omhooggeschoven, dat het scharnier bij de deelstreep h staat, dan ligt thans het mikpunt O van de geleidingsnaald een afstand h gerealiseerd door een horizontaal gelegen draadrooster, dat om de statiefzuil van het toestel kan worden gezwenkt en dat men, in een stand juist boven dijbeenhals en -kop, mede op de röntgenfoto's opneemt. In *fig. 3a* en *b* is de situatie voor het maken van de beide röntgenfoto's weergegeven, waarbij duidelijkheidshalve de patient door een skelet is vervangen. Op de vóór-achterwaartsche foto wordt het projectiepunt M van het dijbeenkopcentrum



a



b

Fig. 3. Situatie bij het maken van de vóór-achterwaartsche (*a*) en de zijwaartsche (*b*) röntgenfoto. De patient is vervangen door een skelet. Men ziet de cassette F met de röntgenfilm, en het draadrooster R, dat als horizontaal projectievlak dient. Op dit rooster een plaatje met diverse loodstaafjes als merkteekens voor aan te brengen correcties. Op de foto (*b*) is op de voorgrond de statiefzuil te zien, die op de operatietafel wordt geschroefd en waartegen de patient onwrikbaar wordt aangetrokken. Aan de statief-arm rechts het scharnier met de scharnierstift P. Op de filmcassette een waterpas om de bovenrand van de film precies horizontaal te zetten.

loodrecht onder het punt M. De eerste instelling is daarmee volbracht. Op de twee röntgenprojecties van het dijbeen, waarop de gewenschte ligging van de heuppen wordt ingeteekend, kunnen voorts de hoeken worden gevonden, waaronder de naaldgeleider moet komen te staan. Deze kan dan op die twee hoeken worden ingesteld met behulp van een graadverdeeling langs de cirkelboog C resp. door de draaiarm B evenwijdig aan de horizontale projectie van de gewenschte richting te zetten [2]).

Practische uitvoering

Het horizontale vlak met coördinatennet, waarop het dijbeen eerst moet worden geprojecteerd, wordt in het draadrooster aangeteekend; uit de zijwaartsche foto wordt de diepte van dit centrum onder het rooster bepaald.

Voor elk van deze beide gegevens is nog een correctie noodig. Bekijken we eerst de zijwaartsche foto. Door de onvermijdelijke vergrooting, die men bij het ontwerpen van een röntgenschaduwbeeld krijgt tengevolge van de divergentie der stralen, is de op de foto gemeten diepte (h') te groot; zie *fig. 4a*. Voor de correctie zijn op het draadrooster drie verticale, 2 cm lange loodstaafjes aangebracht (in fig. 3*b* goed te zien), die eveneens vergroot, en wel naar gelang van hun afstand in verschillende mate vergroot, op de foto worden afgebeeld. Men gaat op de vóór-achterwaartsche foto na, welk staafje het dichtst bij het punt M ligt, de vergrooting van dat staafje levert dan de correctiefactor, om uit h' de ware diepte h af te leiden.

Minder belangrijk is de correctie van het andere gegeven, de projectie van het dijbeenkopcentrum in het draadrooster, op de vóór-achterwaartsche foto. Deze projectie (M_1) is alleen dan identiek met het gevraagde, loodrecht boven het kopcentrum gelegen punt M, indien het röntgenfocus bij de opname ook precies loodrecht boven het centrum stond; zie fig. 4*b*. De meestal slechts zeer kleine en veelal te verwaarloozen correctie wordt gevonden door een merkpunt op het draadrooster precies loodrecht onder het focus aan te brengen, bijv.

[2]) De gemeten hoek op de zijwaartsche röntgenfoto is alleen dan exact gelijk aan de vereischte hoek op de cirkelboog C, indien het verticale projectievlak evenwijdig aan het vlak van C (d.i. evenwijdig aan de geleidingsnaald) staat en het projectiecentrum, d.i. het focus van de röntgenbuis, even hoog als het dijbeenkopcentrum ligt. Het verschil is echter bij kleine afwijkingen van deze voorwaarden zeer gering, zoodat men kan volstaan met de röntgenfilm voor de zijwaartsche opname op het oog evenwijdig aan de dijbeenhals en het röntgenfocus ongeveer op de goede hoogte te zetten.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

een gaatje in een horizontaal loodstaafje. Blijkt dit gaatje op een afstand d van het kopcentrum op de foto te worden afgebeeld, dan volgt uit de figuur, dat het punt M op het rooster een stuk $x = d \cdot h/f$ in tegengestelde richting van M_1 verwijderd moet worden gelocaliseerd (f is daarbij de gemeten afstand tusschen focus en film).

Bij de zijwaartsche foto zorgt men door middel van een waterpas op de cassette, dat de bovenrand van de film precies horizontaal ligt (fig. 3*b*). De hoek van de heuppen ten opzichte van deze rand wordt gemeten en levert de instelling van de naaldgeleider op de cirkelboog.

Nadat men aldus alle noodige gegevens heeft verkregen, kan men overgaan tot het instellen van het richttoestel. In *fig. 5* en *6* ziet men twee etappes hiervan. De scharnierstift wordt op de juiste deelstreep geschoven en op de juiste plaats (punt M) van het draadrooster gezet. Met een onder in de scharnierstift gestoken wijzernaald wordt de arm B in de juiste richting, volgens de horizontale projectie van de in te brengen heuppen, gedraaid [3]). In fig. 5 ziet men tevens, dat de cirkelboog C en de naaldgeleider nog ontbreken. Deze deelen zijn, omdat zij vlakbij of zelfs in aanraking met het operatiegebied komen te staan, tezamen met de overige voor deze operatie benoodigde instrumenten van te voren steriel gemaakt. Zij worden daarom pas nadat alle instellingen voltooid zijn en het operatiegebied gedesinfecteerd en steriel afgedekt is, over de arm B geschoven en gefixeerd, zooals in fig. 6 is te zien. De naaldgeleider wordt steriel op de juiste deelstreep van de cirkelboog vastgezet.

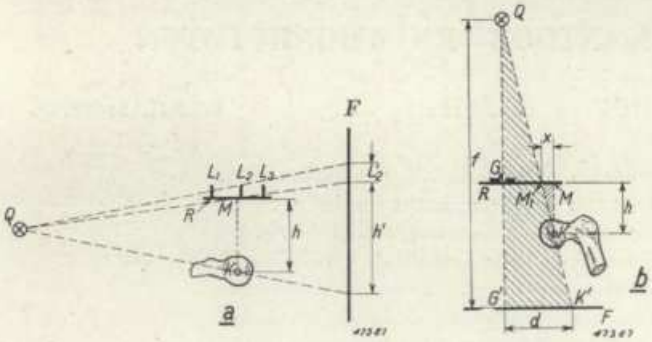
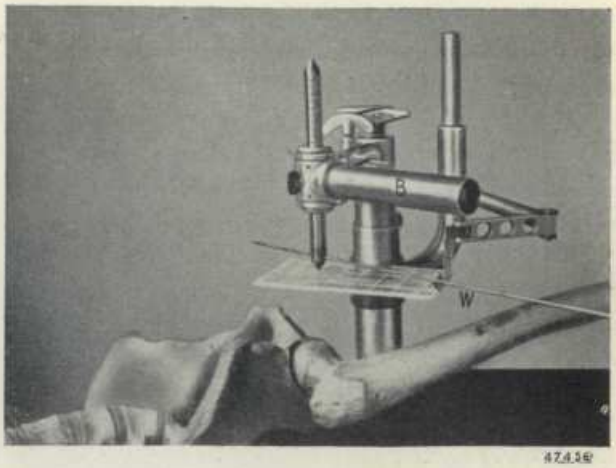


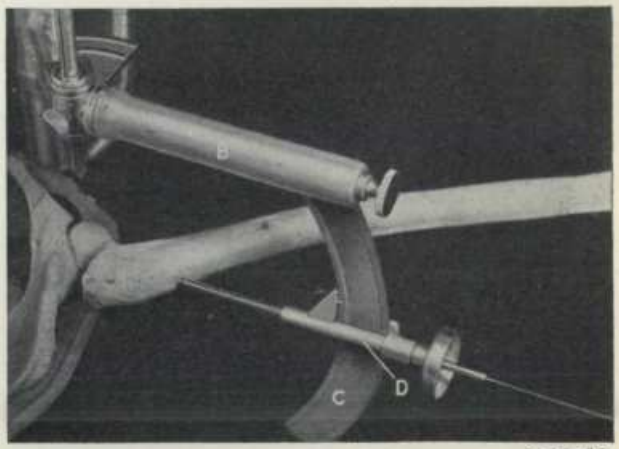
Fig. 4. Ter toelichting van de vereischte correcties.
a) Bij de zijwaartsche röntgenfoto. Q focus van de röntgenbuis, K centrum van dijbeenkop, F film, R draadrooster, L_1, L_2, L_3 loodstaafjes. De vergrooting van het staafje L_2 levert de correctiefactor om uit h' de ware diepte h te bepalen.
b) Bij de vóór-achterwaartsche foto. Q, K, F en R als bij (*a*). G gaatje in horizontaal loodstaafje, als merkpunt loodrecht onder Q. De afstand x van het gevraagde punt M tot de foutieve projectie M_1 volgt uit $x : h = d : f$, wegens de gelijkvormigheid der gearceerde driehoeken.



47436

Fig. 5. Nadat het uiteinde van de scharnierstift in het juiste punt van het draadrooster is gebracht, wordt met een onder in deze stift gestoken wijzernaald W de stift, die in een spiegleuf verschuifbaar is en daardoor de arm B steeds meeneemt, in de juiste richting gedraaid, nl. volgens de vooraf op het draadrooster aangeteekende horizontale projectie van de toekomstige stand der heuppen. De cirkelboog met de naaldgeleider, die steriel moeten worden aangebracht, ontbreken nog.

Hierna begint de eigenlijke operatie. Door de naaldgeleider tot op het huidoppervlak van het bovenbeen in te schuiven, bepaalt de chirurg de juiste plaats van de te maken snede, zoodat de wond zoo klein mogelijk kan worden gemaakt. De cirkelboog met naaldgeleider kan nu 180° naar boven worden gedraaid om den chirurg niet te belemmeren. Na het blootleggen van het bot en na het verwijderen van de harde oppervlakkige laag met een beitel of frais wordt de cirkelboog definitief in de richtstand gefixeerd, de van twee scherpe punten voorziene naaldgeleider wordt door een tik eenige mm diep



47457

Fig. 6. Cirkelboog C en naaldgeleider D zijn op hun plaats gebracht, de naaldgeleider is in het bot vastgeprikt, het inboren van de geleidingsnaald kan beginnen.

[3]) Ook deze richting klopt alleen dan exact, wanneer het focus toevallig precies loodrecht boven het dijbeenkopcentrum lag. De bij een afwijking hiervan vereischte correctie is echter zoo klein, dat zij voor ons doel gevoegelijk kan worden verwaarloosd.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

in het bot gedreven en de eigenlijke geleidingsnaald wordt tot de vereischte diepte — die men eveneens op voor de hand liggende wijze uit de röntgenfoto's heeft afgeleid — ingeboord. De naaldgeleider en het geheele richttoestel worden daarna verwijderd, de holle heuppen wordt over de geleider geschoven en met een drevel in het bot gehamerd.

Vóór deze laatste stap zou men natuurlijk eerst nog twee nieuwe röntgenfoto's kunnen maken om zich er van te overtuigen, dat de geleidingsnaald de gewenschte ligging in het bot heeft verkregen. De practijk heeft echter geleerd, dat deze contrôle, tenzij zich tijdens de manipulatie een onvoorziene wijziging in de ligging van den patient heeft voorgedaan — de kans hierop is uitermate klein —, zonder bezwaar achterwege kan worden gelaten. Wèl wordt nà het inslaan van de heuppen altijd nog een röntgenfoto gemaakt om te controleeren of de pen precies tot de gewenschte diepte is ingedreven. Naar gelang van de bevindingen op deze foto kan de chirurg de pen dan eventueel nog iets verder inhameren.

DE VERLICHTINGSSTERKTE IN KANTOOR- EN WOONRUIMTEN

door A. A. KRUITHOF en H. ZIJL.

535.241.46:628.972

In dit artikel wordt getracht, de vraag te beantwoorden, welke verlichtingssterkte het meest geschikt is voor de werkzaamheden, die in kantoren en woonruimten worden verricht. Hierbij wordt behalve van gegevens over gezichtsscherpte en contrastgevoeligheid van het oog gebruik gemaakt van proeven over de bij langdurig lezen optredende vermoeidheid. De conclusie is, dat bij verhooging van de verlichtingssterkte van 10 tot 100 lux een zeer aanzienlijke verbetering, van 100 lux tot 1000 lux nog een merkbare en daarboven slechts een geringe verbetering kan worden verkregen. Er wordt dan een beschouwing gegeven over de wijze, waarop voor kantoren practisch het gunstigste verlichtingsniveau wordt gevonden, terwijl er op wordt gewezen, dat de ervaring een verlichtingssterkte van 100 lux als het noodzakelijk minimum heeft leeren kennen. Tenslotte worden de oorzaken beschouwd van het feit, dat in de woonkamer vrijwel steeds veel lagere verlichtingssterkten worden toegepast, dan voor de normale huiselijke werkzaamheden zijn aan te bevelen; mogelijkheden tot verbetering worden aangestipt.

Het menschelijk oog bezit een verwonderlijk groot aanpassingsvermogen: het kan waarnemingen verrichten in het felste zonlicht, waar een verlichtingssterkte van 100 000 lux kan optreden, en in maanlooze sterrennachten, wanneer de verlichtingssterkte slechts 0,0003 lux bedraagt. Inmiddels spreekt het wel vanzelf, dat het zien onder dergelijke extreme omstandigheden moeilijk en gebrekkig is. De mensch, die gewend is om geen genoegen te nemen met ongunstige natuurlijke omstandigheden, grijpt naar correctiemiddelen: in de felle zon zet hij een donkere zonnebril op, in de nacht licht hij zich bij met een zaklantaarn om zoodoende in beide gevallen de door het oog te verwerken lichthoeveelheden op meer bruikbare waarden te brengen.

Het gebied der „meer bruikbare" waarden van de verlichtingssterkte, waar men gewoonlijk het oog zonder verdere hulpmiddelen laat werken, is ook nog buitengewoon groot: het reikt van enkele lux, welk niveau men bij de wegverlichting toepast — autobestuurders plegen hun koplichten te ontsteken, zoodra de verlichtingssterkte op de rijbaan daalt beneden 3 à 4 lux —, tot de meer dan 10 000 lux, die in een filmstudio noodig zijn. Deze „meer bruikbare" waarden zijn zeker nog niet de „meest bruikbare": werd alleen op de lichtbehoefte van het oog gelet, dan zou men in het eerste geval zeker hoogere, in het tweede geval lagere verlichtingssterkten toepassen. In het eerste geval zijn het voornamelijk overwegingen van economie, die de bovenste grens bepalen, in het tweede geval is het de lichtbehoefte van het fotografische materiaal, die de onderste grens voorschrijft.

In alle gevallen, waar een verlichting moet worden aangebracht, zullen dergelijke beperkingen zich doen gelden. Onderstel echter eens, dat deze beperkingen niet aanwezig waren. Voor elk soort werkzaamheden, die de mensch moet verrichten, zou er dan wel een meer of minder nauwkeurig bepaalde, voor verschillende personen allicht eenigszins uiteenloopende waarde van de verlichtingssterkte zijn aan te geven, waarbij dat werk op de „beste" wijze is te doen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Het is zonder twijfel van groot belang, zich af te vragen, welke de meest bruikbare waarden van de verlichtingssterkte zijn.

Aan de hand van een aantal onderzoekingen, welke ten deele in de laatste jaren werden gepubliceerd, zullen wij in dit artikel trachten, hierop een antwoord te vinden. Wij willen ons daarbij beperken tot de werkzaamheden, die gewoonlijk in kantoren en woonruimten worden verricht. Tevens zullen dan ook de economische, technische en andere (voornamelijk aesthetische) overwegingen worden besproken, die er toe leiden, dat de in de practijk werkelijk toegepaste verlichtingsniveaus zeer ver beneden de „meest bruikbare" waarde blijven.

Alvorens wij echter in het volgende nader ingaan op de invloed van het verlichtingsniveau, stellen wij hier met nadruk vast, dat natuurlijk de verlichtingssterkte alléén nog niet voldoende is om een verlichting te karakteriseeren. Van zeer groot belang is ook de aard van de verlichting, die bepaald wordt door factoren als: de mate van diffuusheid van het licht, de lichtverdeeling over plafond, wanden en werkvlak en de spectrale verdeeling van het licht. Wij zullen de invloed van deze factoren slechts terloops en zeer in het kort ter sprake brengen. Als uitgangspunt voor ons betoog willen wij eenvoudig onderstellen, dat al de genoemde factoren zoo gunstig mogelijk zijn gekozen; in het bijzonder beperken wij ons in de beschouwingen over de verlichting in de practijk tot die gevallen, waarin er bij de te gebruiken armaturen door doelmatige constructie voor is gezorgd, dat het hinderlijke en schadelijke verschijnsel der verblinding niet op kan treden.

Factoren, die de van het oog verlangde prestaties kenmerken

Bij elke werkzaamheid komt de taak van het oog er op neer, bij de gegeven verlichtingssterkte een of ander detail tegen een bepaalde achtergrond te onderscheiden. Bij het lezen van drukwerk bijv. worden de details gevormd door de druk, bij het teekenen door potloodlijnen, bij het naaien door bijzonderheden van het weefsel, terwijl de achtergrond in de beide eerstgenoemde gevallen uit een blad papier, in het laatste geval uit het als geheel beschouwde weefsel bestaat. De eischen, die bij de verschillende werkzaamheden aan het oog worden gesteld, kunnen wij karakteriseeren door de volgende grootheden:

1) de grootte van het waar te nemen detail, of nauwkeuriger: de gezichtshoek, waaronder het detail wordt waargenomen;
2) het contrast tusschen het detail en de achtergrond, gegeven door de verhouding der reflectiecoëfficienten [1]);
3) de tijd, die voor de waarneming (bijv. bij het naaien: voor het vinden van de plaats voor het insteken van de naald) beschikbaar is;
4) de tijdsduur, gedurende welke de werkzaamheid onafgebroken moet worden verricht.

Elk der drie eerstgenoemde grootheden: gezichtshoek, contrast en waarnemingstijd, moet een zekere (van de overige omstandigheden nog afhangende) minimale waarde overschrijden om een waarneming mogelijk te maken. Moet de gezichtshoek minstens α minuten bedragen, het contrast minstens $c = B_1 : B_2$ (B_1 = de helderheid van het detail, B_2 = helderheid van de achtergrond), de waarnemingstijd τ seconden, dan noemt men $S_\alpha = 1/\alpha$ de gezichtsscherpte, $S_c = {}^1/_2\,(1+c)/(1-c)$ de contrastgevoeligheid en $S_w = 1/\tau$ de waarnemingssnelheid van het oog.

De genoemde drempelwaarden hangen in sterke mate af van de verlichtingssterkte. Een beschouwing van dit verband zal ons een eerste aanwijzing leveren omtrent de gewenschte verlichtingsniveaus. Daarbij blijkt tevens de invloed van de andere kenmerken der verlichting, zooals de kleur en de

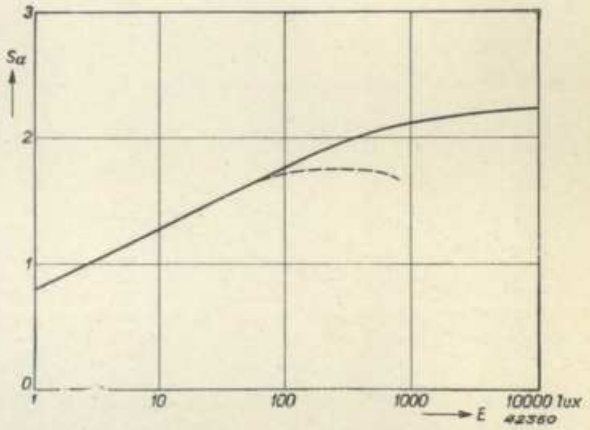


Fig. 1. Gezichtsscherpte S_α van een gemiddelden waarnemer als functie van de verlichtingssterkte E van de achtergrond. De achtergrond is „wit" (reflectiecoëfficient $\varrho = 0{,}75$), het waargenomen detail „zwart" ($\varrho = 0{,}04$). Bij de getrokken kromme is de omgeving even helder als de achtergrond, bij de gestreepte kromme is de omgeving geheel donker. De krommen zijn verkregen door combinatie van gegevens van Eguchi, Lythgoe, Schober, König. Voor lagere reflectiecoëfficienten van de achtergrond gelden de proefresultaten ook, wanneer men er rekening mede houdt, dat niet de verlichtingssterkte maar de helderheid de drempelgevoeligheid van het oog bepaalt.

[1]) De oppervlakken, die in kantoren en woonkamers voorkomen, vertoonen vaak bij benadering diffuse reflectie. Wanneer dit niet het geval is, kan men niet van één reflectiecoëfficient spreken en moet men voor het aangeven van het contrast rechtstreeks de helderheidsverhouding van detail en achtergrond gebruiken. Hetzelfde geldt natuurlijk indien detail en achtergrond niet dezelfde verlichtingssterkte ontvangen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

verdeeling van het licht en met name de helderheid van de omgeving, bijv. van de wanden van het vertrek.

In *fig. 1* is de door metingen bepaalde gezichtsscherpte S_a van een gemiddelden waarnemer, onder omstandigheden, die in het bijschrift nader zijn omschreven, als functie van de verlichtingssterkte weergegeven. Men ziet, dat de gezichtsscherpte tot ongeveer 1000 lux sterk, daarentegen boven ongeveer 1000 lux nog slechts langzaam toeneemt. De gestreepte kromme laat zien, hoe de prestatie van het oog vermindert bij een te lage helderheid van de omgeving.

In *fig. 2* zijn analoge krommen geteekend voor de contrastgevoeligheid S_c. Beschouwen wij eerst de voor ons het meest belangrijke kromme *1*. Ook hier constateeren wij een sterk toenemen van de prestatie van het oog, wanneer de verlichtingssterkte wordt opgevoerd tot in de buurt van 1000 lux, terwijl bij nog hoogere verlichtingssterkten de toeneming zeer gering wordt. De krommen *2* en *3* bewijzen weer de schadelijke invloed van een te donkere, maar ook van een al te lichte omgeving. In het laatste geval heeft men met verblinding te maken.

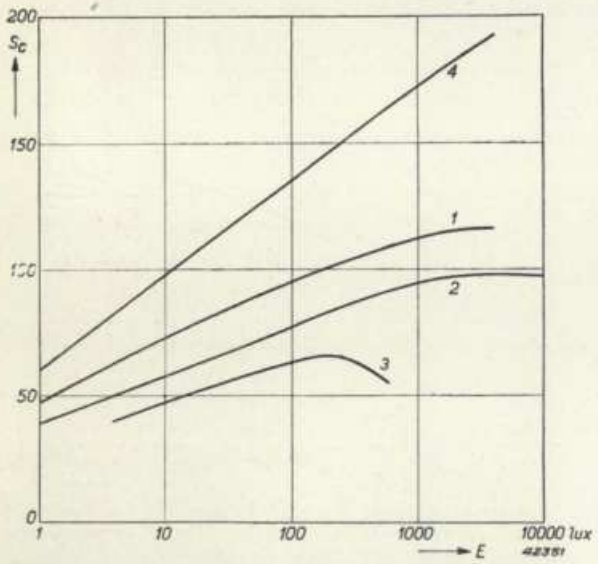


Fig. 2. Contrastgevoeligheid S_c als functie van de verlichtingssterkte van de achtergrond. Bij de krommen *1*, *2* en *3* heeft het testobject 1° diameter, terwijl de omgeving respectievelijk ongeveer even helder als de achtergrond, volkomen donker, en driemaal zoo helder als de achtergrond is. Bij kromme *4* is de omgeving even helder als de achtergrond, doch het testobject heeft een grootte van ongeveer 4°. Gebruikt zijn gegevens van Stiles en Crawford, Hoppe en Siedentopf, Schumacher.

Kromme *4* is opgenomen met een grooter testobject dan de anderen. De contrastgevoeligheid ligt hier overal hooger.

Voor de waarnemingssnelheid S_w vindt men een soortgelijk gedrag als voor de gezichtsscherpte en de contrastgevoeligheid, alleen is hier de toeneming met de verlichtingssterkte slechts tot 100 lux de moeite waard, daarboven is zij nog maar gering.

Uit al deze gegevens kan men nu conclusies trekken omtrent de verbetering, die door een opvoeren van de verlichtingssterkte zal worden verkregen. Daarbij dient men echter met twee tegenwerpingen rekening te houden. De eerste is, dat deze gegevens uiteraard alleen iets zeggen over de drempel van de waarneming. De gezichtshoeken en contrasten, die bij de practisch te verrichten werkzaamheden optreden, liggen in het algemeen reeds bij enkele lux ver boven deze drempel [2]). De toeneming van het prestatievermogen van het oog, wat betreft de drempelgevoeligheden, met toenemende verlichtingssterkte is dus op zichzelf beschouwd voor ons niet van belang.

De andere tegenwerping is, dat de gezichtsscherpte, de waarnemingssnelheid en de contrastgevoeligheid te sterk geschematiseerde grootheden zijn om de prestaties, die de mensch in de practijk met het oog verricht, te kenmerken.

Een poging om aan beide bezwaren tegemoet te komen, vindt men in een recent onderzoek van Weston [3]). Hij gebruikte testobjecten met details ter grootte van 1 à 6 minuten en definieerde het prestatievermogen bij gegeven detailgrootte en contrast als het quotient van het relatieve aantal juist beoordeelde testobjecten en de tijd, noodig voor het waarnemen van het detail. Zijn conclusie is, dat voor normaal werk (detailgrootte ca 3′, overeenkomende met het lezen van drukwerk in Bodoni 10 punts, zie noot [2])) het prestatievermogen tot circa 40 lux duidelijk toeneemt. Het bedraagt bij deze verlichtingssterkte reeds ca 90% van het prestatievermogen bij 5000 lux. Voor fijn werk (detailgrootte 1′) is er een duidelijke toeneming van het prestatievermogen tot ca 1000 lux, waarbij wederom ca 90% van dat bij 5000 lux wordt bereikt. Deze resultaten vormen een nadere preciseering en een goede bevestiging van hetgeen men rechtstreeks uit de fig. 1 en 2 zou besluiten.

Wij komen nu tot het laatste punt, dat bij de kenmerken van de werkzaamheid werd opgesomd:

[2]) Bij het lezen van drukwerk is bijv. de grootte van een normale drukletter (zooals Bodoni 10 punts, die in de tekst van dit tijdschrift wordt gebruikt) ongeveer 1,5 mm; het detail van elke letter, dat hem doet herkennen, is gewoonlijk nog ongeveer vijfmaal zoo klein. Bij een afstand van 30 cm van het oog is de gezichtshoek dan 3,5′. Bij 1 lux zijn volgens fig. 1 nog details tot ongeveer 1,2′ waar te nemen. Voorts ligt de reflectiecoëfficient van de achtergrond tusschen 0,8 en 0,6, die van de drukletter tusschen 0,04 en 0,10; het contrast bedraagt dus 1 : 6 tot 1 : 20, terwijl bij 1 lux en 3,5′ gezichtshoek nog contrasten 1 : 2 zijn waar te nemen.

[3]) H. C. Weston, Industrial Health Research Report Nr. 87, H. M. Stationary Office, London 1945.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

de tijdsduur. Deze doet haar invloed gelden door de optredende vermoeidheidsverschijnselen. Het is daarbij merkwaardig, dat deze vermoeidheid nauwelijks waarneembaar tot uiting komt in het prestatievermogen van het oog, wat betreft de gezichtsscherpte en de contrastgevoeligheid. Wel wordt het verrichten van de werkzaamheid als geheel beschouwd „moeilijker": men constateert parallel met bepaalde physiologische verschijnselen, als bijv. een vaker knipperen der oogleden en een verlangzaming van de hartslag [4]), een algemeene achteruitgang van de werkprestatie, o.a. een vermindering van de snelheid bij het lezen, van de nauwkeurigheid bij het teekenen.

Vermoeidheidsproeven

Het toenemen van het prestatievermogen van het oog met toenemende verlichtingssterkte, dat in het voorafgaande werd besproken, kan men in verband brengen met het min of meer triviale feit, dat met toenemende verlichtingssterkte de waarneming „gemakkelijker" wordt. Uit het verloop der krommen van fig. 1 en 2 en in het bijzonder uit de resultaten van Weston kan men als het ware de mate van dit gemakkelijker worden aflezen. Het feit nu, dat een verhooging van de verlichtingssterkte de waarneming „gemakkelijker" maakt, terwijl we zoojuist constateerden, dat bij langere duur van een werkzaamheid het waarnemen resp. het werken „moeilijker" wordt, laat verwachten, dat de verlichtingssterkte invloed heeft op het optreden van vermoeidheid. Het laat zich echter aanzien, dat deze invloed niet zoo eenvoudig kwantitatief zal zijn vast te leggen als de invloed op de waarnemingsdrempels, gezien de moeilijkheid om het effect van het vermoeid-raken in getallen uit te drukken.

Rechtstreeksche vermoeidheidsproeven zijn o.a. gedaan door Luckiesh en Moss [5]). Zij onderzochten voor een groot aantal proefpersonen de vermoeidheid, optredende bij het lezen, onder nauwkeurig bepaalde optische condities, die als een idealiseering van de practisch voorkomende omstandigheden kunnen worden opgevat. Daarbij gebruikten zij verschillende vermoeidheidscriteria. Het meest voor de hand liggende, dwz. het criterium, dat zoo nauw mogelijk aansluit bij de werkzaamheid van het lezen zelve, is de achteruitgang van de leessnelheid. Merkwaardig genoeg blijkt echter deze achteruitgang altijd slechts gering te zijn en dientengevolge ook maar kleine verschillen voor uiteenloopende verlichtingssterkten te vertoonen. Dit is volgens Luckiesh en Moss [6]) zoo te begrijpen, dat bij slechtere condities voor het zien, de oogen door de hersenen tot zooveel te grooter inspanning worden aangespoord. Het verband tusschen „vermoeidheid" en leessnelheid gaat zoodoende grootendeels teloor, de leessnelheid is dus als vermoeidheidscriterium niet erg geschikt.

Een ander criterium, dat Luckiesh en Moss bij hun proeven gebruikten, is de frequentie van het onwillekeurige oogknippen gedurende het lezen. Dit criterium houdt minder direct dan de leessnelheid verband met het lezen zelf; toch blijkt hier een behoorlijke correlatie tusschen het moeilijker lezen en het sneller knippen te bestaan. Meting van het aantal oogknipperingen per tijdseenheid, bij het begin van het lezen en na 1 uur lezen, leverde voor verschillende verlichtingssterkten de volgende resultaten:

bij 10 lux een toeneming na 1 uur van 72%,
bij 100 lux een toeneming na 1 uur van 31%,
bij 1000 lux een toeneming na 1 uur van 8%.

Men ziet duidelijk, dat bij de hoogere verlichtingssterkten minder vermoeidheid optreedt, en wel valt er tusschen 10 en 1000 lux een gestadige verbetering met toenemende verlichtingssterkte te constateeren, al wordt de verbetering per lux verhooging van de verlichtingssterkte bij de hoogere niveaus snel geringer.

Deze uitkomsten loopen geheel evenwijdig met hetgeen wij uit fig. 1 en 2 geconcludeerd hebben omtrent het „gemakkelijker" worden van de waarneming, en wij mogen dus wel als vaststaand aannemen, dat een verhooging der verlichtingssterkte van ongeveer 10 tot 100 lux een aanzienlijke, en daarboven tot ongeveer 1000 lux nog een merkbare verbetering meebrengt. Boven 1000 lux zijn geen rechtstreeksche vermoeidheidsproeven verricht, doch wij kunnen uit hoofde van de genoemde paralleliteit der uitkomsten, op grond van de kromme van fig. 1 en 2, hier ook nog een geringe verbetering verwachten.

Bij de proeven van Luckiesh en Moss werd gebruik gemaakt van zeer duidelijk leesbaar drukwerk. Het is te verwachten, dat voor minder goed drukwerk (kleinere letters, gering contrast met de achtergrond, zooals bijv. bij doorslagen van schrijfmachineschrift) sterker uitgesproken vermoeidheidsverschijnselen zullen worden gevonden. Wij kunnen aannemen, dat in deze gevallen de afneming

[4]) M. Luckiesh and F. K. Moss, Trans. Ill. Eng. Soc. **34**, 571, 1939.
[5]) M. Luckiesh and F. K. Moss, Trans. Ill. Eng. Soc. **35**, 19, 1940; **35**, 703, 1940.
[6]) M. Luckiesh and F. K. Moss, Reading as a visual task, D. van Nostrand Co., New York 1942.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

der vermoeidheid bij verhooging der verlichtingssterkte tenminste even groot zal zijn, als uit de proeven met goed drukwerk is gebleken. Deze conclusie geldt natuurlijk ook ten aanzien van andere werkzaamheden, die moeilijker zijn dan lezen, bijv. teekenen, verstellen van kleedingstukken, enz.

Vermelden wij tenslotte nog, dat bij de beschreven proeven van Luckiesh en Moss ook de invloed van de helderheid van de omgeving (bij een verlichtingssterkte van 135 lux) en van de spectrale samenstelling van het licht werd nagegaan. Gelijke helderheid van omgeving en achtergrond bleek het gunstigst te zijn. Gloeilampen en luminescentielampen van daglichtkleur leverden, wat het gemak van het lezen betreft, geen merkbaar verschil.

De verlichting in de practijk

Bezien wij nu, wat er van de verkregen inzichten terecht komt, wanneer wij overgaan tot de practijk. Zelden zal men de hooge verlichtingsniveaus, die zoo gunstig voor het oog blijken te zijn, in een kantoor verwezenlijkt vinden en nooit in een woonkamer. In de inleiding stipten wij reeds de reden aan: het is het meespreken van andere factoren dan alleen het gedrag van het oog. Willen wij de invloed hiervan nader beschrijven, dan moeten wij kantoren eenerzijds en woonruimten anderzijds afzonderlijk beschouwen.

Kantoren

Kantoorverlichting is een typische utiliteitsverlichting, dwz. het gezichtspunt van de nuttigheid staat op de voorgrond. Zoowel bij de eerste aanleg als bij eventueele wijzigingen worden hier in de eerste plaats de kosten en de baten tegen elkaar afgewogen.

Wat zijn de baten? Een verhooging van de verlichtingssterkte zal volgens het bovenstaande een vergrooting van de prestatie der employé's meebrengen, die een zekere geldswaarde vertegenwoordigt. Deze toeneming zal bij lage verlichtingsniveaus aanzienlijk zijn, bij hoogere niveaus steeds geringer worden, en tenslotte ophouden. Wij krijgen dus een kwalitatief verloop van de baten, zooals de getrokken kromme in *fig. 3* aangeeft [7]). Het gebied van verlichtingssterkten, waar de kromme vrijwel horizontaal gaat loopen, zal des te hooger liggen, naarmate in het kantoor moeilijker werkzaamheden worden verricht.

[7]) Het spreekt wel vanzelf, dat een dergelijke kromme in de practijk altijd op slechts zeer globale schattingen kan berusten en dikwijls zelfs niet bij benadering geteekend zou kunnen worden. Het algemeene verloop moet echter van de aangegeven vorm zijn.

De kosten vertoonen een tegenovergesteld gedrag. De kostenverhooging, die gepaard gaat bijv. met een verdubbeling van de verlichtingssterkte, is bij laag verlichtingsniveau geringer dan bij een hoog niveau. De kromme *1* in fig. 3, die kwalitatief het verloop van de kosten weergeeft, is dus juist andersom gekromd als die der baten. Vergelijkt men de beide krommen punt voor punt, dan vindt men een bepaalde waarde van de verlichtingssterkte, waar de raaklijnen evenwijdig loopen. Dit is de waarde, waarbij het meest economische bedrijf wordt bereikt, want bij nog hoogere verlichtingssterkte is de toeneming der kosten grooter dan de toeneming der baten.

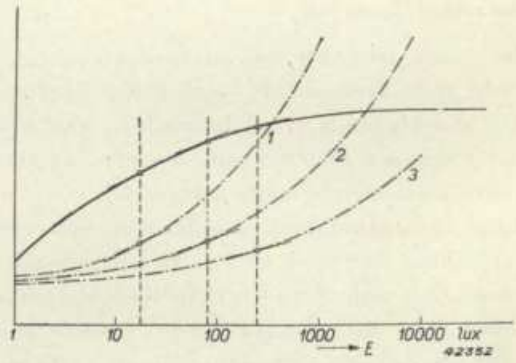


Fig. 3. Schematisch verloop van de „baten" van een kantoorverlichting (getrokken kromme) en van de „kosten" (puntstreep-krommen) als functie van de verlichtingssterkte. De drie krommen *1*, *2*, *3* beantwoorden aan een steeds hooger wordende trap van de technische ontwikkeling. De gunstigste verlichtingssterkte ligt daar, waar de krommen van baten en kosten evenwijdig loopen. Met voortschrijdende techniek verschuift dit punt naar hoogere verlichtingsniveaus.

Door het voortschrijden van de techniek zal de lijn der kosten ten opzichte van de lijn der baten in de loop van de tijd dalen. Het punt met evenwijdige raaklijnen verschuift daardoor naar rechts, dwz. het meest economische verlichtingsniveau stijgt. Een aanwijzing, op welke hoogte dit niveau bij de tegenwoordige stand der techniek minstens ligt, vindt men in de waarden voor de verlichtingssterkte, die door de verlichtingsgenootschappen in verschillende landen worden aanbevolen, zie de onderstaande *tabel* [8]). In de Amerikaansche waarden voor

[8]) Wij moeten niet uit het oog verliezen, dat bij het vaststellen van deze verlichtingsniveaus ook andere dan utiliteitsoverwegingen, zooals o.a. het gemak van de waarneming op zichzelf, een rol hebben gespeeld. Wat de in Amerika aanbevolen waarden betreft, zijn in het verslag in Trans. Ill. Eng. Soc. **34**, 371, 1939 ook de vóórstudies voor de aanbevelingen van 1939 opgenomen. Deze vóórstudies bevatten een beschouwing over kosten en baten; de conclusie is, dat de toeneming van de baten bij de opgegeven niveaus nog ruim tegen de toeneming van de kosten opweegt. De nieuwste Amerikaansche aanbevelingen vindt men in: Trans. Ill. Eng. Soc. **37**, 275 en 449, 1942; **40**, 339, 1942. Een nieuw voorstel voor Engeland is in voorbereiding: Trans. Ill. Eng. Soc. (London) **8**, 17, 1943.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Werkzaamheid	Aanbevolen verlichtingssterkten (in lux)				
	Amerika			Engeland	Zwitserland
	1930	1939	1942	1937	vóór 1940
Lezen en schrijven met tusschenpoozen	80-100	200	250	100-150	150
Langdurig reken- of studiewerk	100-150	300-500	500	150-250	300

verschillende tijdstippen komt de bovenbedoelde voortschrijding van de techniek goed tot uiting.

Daar het altijd eenige tijd duurt, alvorens de practijk zich bij de technische vooruitgang aanpast, treft men in de meeste kantoren verlichtingssterkten aan, die lager liggen dan de meest economische. Zoolang het niveau niet al te laag wordt, is het verschil alleen een kwestie van utiliteit, zooals wij hierboven hebben besproken. Het is echter wel duidelijk, dat bij al te lage verlichtingssterkten verschijnselen moeten optreden, die niet meer zuiver in geldswaarde zijn uit te drukken, maar die reeds op het gebied der hygiëne thuisbehooren; er zullen dan klachten van de employé's komen over vermoeidheid, hoofdpijn, enz. Een algemeene ervaring uit de practijk der fabrieks- en kantoorverlichting leert, dat de grens, waarboven deze verschijnselen zich niet vaak meer voordoen, voor werkzaamheden als het lezen, bij ongeveer 100 lux ligt.

Deze waarde is ook eenigszins plausibel op grond van de volgende overwegingen. Het vermijden van klachten beteekent, dat elke werker afzonderlijk met de verlichting tevreden moet zijn. De voorafgaande beschouwingen sloegen echter altijd op het gemiddelde gedrag van een groot aantal personen. Nu zal het gezichtsvermogen van een dergelijk aantal personen, ook al zijn zij allen „normaal", een zekere spreiding vertoonen. Men heeft de spreidingskromme van de

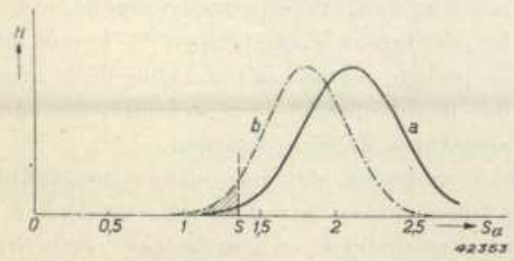


Fig. 4. Schematische voorstelling van de spreiding van de gezichtsscherpte S_a van een groot aantal proefpersonen. Ondersteld is een verdeeling volgens Gauss; de werkelijke verdeeling wijkt hier eenigszins van af, voor ons doel kan daarvan echter worden afgezien. De kromme *a* geldt voor een verlichtingssterkte van 1000 lux. Bij lagere verlichtingssterkte verplaatst de geheele kromme zich naar kleinere waarden van S_a; zoo zal men bijv. bij 100 lux de kromme *b* vinden.

contrastgevoeligheid en de gezichtsscherpte voor een groot aantal personen bepaald (vgl. bijv. het in [4]) aangehaalde artikel). In beide gevallen wijken de krommen duidelijk af van de normale verdeelingskromme van Gauss, maar wij zullen ze in de volgende beschouwingen door normale verdeelingskrommen benaderen, omdat daardoor de uitkomsten, wat de orde van grootte betreft, niet veranderen. In *fig. 4* is door kromme *a* schematisch de verdeelingskromme, d.i. het aantal personen N als functie van de gezichtsscherpte, voor een verlichtingssterkte van 1000 lux weergegeven. Met elke waarde van de gezichtsscherpte, onverschillig door welke samenwerking van omstandigheden (eigenschappen van de persoon of van het licht) zij ontstaat, kunnen wij een bepaalde waarde van het „gemak van het werken" correleeren. Bij welke waarde van de gezichtsscherpte is nu het gemak van het werken onvoldoende? Uit het feit, dat bij 1000 lux practisch niemand van alle proefpersonen last ondervindt, kunnen wij concludeeren, dat de critieke waarde van het gezichtsvermogen links van het in fig. 4 met S aangeduide punt zal liggen. Het gedeelte der verdeelingskromme *a*, links van S gelegen, omvat nl. minder dan 1% van alle proefpersonen. Construeeren wij nu de overeenkomstige verdeelingskromme voor een lagere verlichtingssterkte dan 1000 lux, dan krijgen wij in schematische voorstelling een kromme *b*, die ten opzichte van *a* naar links is verschoven. Nu valt dus een grooter percentage van alle proefpersonen beneden de grens S. De verschuiving blijkt echter volgens de experimenten voor een verlichtingssterkte van 100 lux nog zoo klein te zijn (ongeveer 40% van de afstand tusschen S en het maximum van kromme *a*), dat ook nu het totale percentage der personen, wier gezichtsvermogen beneden S komt te liggen, nog klein is, nl. 5%. Een geheel analoge redeneering kunnen wij houden voor de contrastgevoeligheid. Wij komen daarbij tot kwalitatief dezelfde conclusie: bij 100 lux komen 3% der personen beneden de grens S. De kans, dat een persoon, die in het bezit is van een „normaal" gezichtsvermogen, bij het werken last van een tekort aan licht ondervindt, is dus bij 100 lux ook nog klein. Bij minder dan 100 lux neemt deze kans echter snel toe.

Soortgelijke beschouwingen vindt men in het aangehaalde artikel van Weston [3]) over het „prestatievermogen" van het oog. Bij groote verlichtingssterkten blijken de voor verschillende personen gevonden waarden van het prestatievermogen weinig te strooien. Bij lagere verlichtingssterkten neemt de relatieve strooiing toe, hetgeen toegeschreven wordt aan het feit, dat voor sommige proefpersonen de condities voor het zien te ongunstig worden. De grens hangt van het soort werk af, maar ligt altijd ongeveer bij die verlichtingssterkte, waarbij het „prestatievermogen" 90% van de maximale waarde bereikt, dus voor normaal werk volgens de boven gegeven cijfers bij 40 lux, voor fijn werk bij 1000 lux.

De woonkamer

Bij de verlichting van de woonkamer is de situatie geheel anders dan bij de kantoorverlichting, voornamelijk omdat de woonkamer niet alléén voor bepaalde werkzaamheden zooals lezen, verstellen enz. wordt gebruikt: zij is afwisselend ook de gezellige ruimte, waar het gezin bijeen zit, het feestelijk verlichte vertrek, waar men zijn gasten ontvangt, of de stemmige omgeving, waarin men van zijn rust geniet. Om in al deze gevallen een bij het gebruik van de kamer passende lichtverdeeling te verkrij-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

gen, zal men verschillende verlichtingen moeten aanbrengen, welke afzonderlijk of in combinatie zullen worden gebruikt.

Wij beperken ons hier tot een beschouwing van de verlichting, die men zal toepassen, wanneer de woonkamer als werkvertrek wordt gebruikt. Uit onze beschouwingen over kantoorverlichting volgde, dat men voor werkzaamheden als langdurig lezen minstens verlichtingssterkten van 100 lux moet toepassen. Tot dit resultaat kwamen wij niet op grond van utiliteitsoverwegingen — die voor de woonkamer op de achtergrond treden — maar op grond van hygiënische redenen. De minimumgrens kan daarom ook voor de woonkamer als geldig worden beschouwd. Nog beter zal men een 50 of 100% hoogere verlichtingssterkte kunnen kiezen, met het oog op het geringere gezichtsvermogen van eventueel aanwezige oudere personen en op de, vergeleken met het lezen, grootere moeilijkheid van sommige soorten huiselijk werk, bijv. het maken van handwerkjes.

Hoe staat het nu met het verwezenlijken van deze verlichtingsniveaus in de woonkamer? De voor het kantoor ontwikkelde oplossingen zullen in de woonkamer in het algemeen niet worden aanvaard. daar men hier, ook al wordt zij als werkvertrek gebruikt, een sfeer van huiselijkheid zoekt, die niet te vereenigen valt met de technische zakelijkheid van de utiliteitsverlichting. Aesthetische factoren komen hier op de voorgrond te staan: het lichtornament moet harmonieeren met het interieur, en dat niet alleen 's avonds maar ook overdag. De vorm en de kleur, die het overdag vertoont, zijn dan ook gewoonlijk de criteria, die tot de keuze van een bepaald ornament leiden, terwijl op de lichttechnische eigenschappen meestal te weinig wordt gelet. Veelal is de verlichtingssterkte dan ook ten eenenmale onvoldoende, zelfs wanneer men de grootste gloeilamp in het ornament gebruikt, die hierin uit een oogpunt van de toelaatbare warmte-ontwikkeling kan worden toegepast. Wij zwijgen daarbij nog maar over de verdeeling van de lichtstroom en de voorzorgen tegen verblinding.

Het is geen wonder, dat men zoodoende in bijna alle woonkamers verlichtingssterkten aantreft, die voor het gebruik als werkvertrek belangrijk beneden het wenschelijke liggen. Komt het oog hiertegen al te zeer in opstand, dan behelpt men zich meestal met een plaatselijke bijverlichting, hetgeen echter vooral bij het gelijktijdig werken van verschillende personen geen bevredigende oplossing kan heeten.

Na het constateeren van deze eenigszins teleurstellende stand van zaken behoeven wij daarin echter niet te berusten. Tegenwoordig bestaat wel degelijk de technische mogelijkheid om een aesthetisch bevredigende huiskamerverlichting aan te brengen, waarvan het niveau hoog genoeg is. Twee punten zijn hierbij van groot belang gebleken:

1) De aesthetische aanvaardbaarheid van een verlichting hangt in belangrijke mate af van de verhouding der helderheden van de in het vertrek voorkomende verlichte vlakken (tafelbedekking, plafond, wanden). Bij een hooge helderheid van de tafelbedekking past ook een heldere omgeving, daar het blijkt, dat groote contrasten met toenemende helderheid steeds meer een onaangename indruk maken. Een donker behang vormt op zichzelf al een groot contrast met het werkvlak, het belemmert bovendien om economische overwegingen de toepassing van een indirecte verlichting, die zoo geschikt is om contrasten te verminderen, en stelt dus al spoedig een grens aan de verlichtingssterkte. Zoo zal men in interieurs met licht behang en niet te donkere stoffeering gemakkelijker tot de toepassing van verlichtingssterkten van 150 à 200 lux komen dan in een donker gestoffeerd milieu. De juiste lichttechnische constructie van het armatuur, om het licht op de gewenschte wijze over werkvlak en omgeving te verdeelen, biedt dan bij de tegenwoordige stand van de techniek geen problemen meer.
2) Het niveau van de verlichting, dat men „gezellig" of „prettig" vindt, houdt verband met de kleur van het licht. Voor de genoemde verlichtingssterkten van 150 à 200 lux bemerkt men weliswaar in het roodachtige gloeilampenlicht geen onaangename effecten [9]), doch een wittere, het daglicht meer benaderende, lichtkleur kan er toch in sommige gevallen toe bijdragen, dat het geheele interieur een aangenamer indruk maakt. De mogelijkheid tot een dergelijke kleurverbetering wordt thans geboden door de ontwikkeling der luminescentielampen [10]). Tevens maakt de geringe warmte-ontwikkeling dezer lampen, dat in dit opzicht geen moeilijkheden met de armaturen kunnen ontstaan.

Het is te hopen, dat deze nieuwe mogelijkheden ertoe zullen leiden, dat de groote verschillen tusschen wenschelijke en werkelijke verlichtingssterkte van de woonkamer, gebruikt als werkvertrek, op den duur zullen verdwijnen.

[9]) Zie Philips techn. T. **6**, 69, 1941.
[10]) Philips techn. T. **6**, 65, 1941.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

ONDERHOUDSMETINGEN IN EEN INSTALLATIE VOOR DRAAGGOLFTELEFONIE *)

door J. de JONG. 621.395.44 : 621.317.3

Voor het onderhoud van een telefonie-installatie zijn veelomvattende en nauwkeurige metingen vereischt. De belangrijkste hiervan zijn de niveaumetingen, waarbij de sterkte van een signaal op verschillende punten van een verbinding wordt nagegaan. De hiervoor dienende apparatuur, alsmede die voor diverse andere metingen, worden in dit artikel beschreven. In het bijzonder wordt behandeld, in hoeverre de speciale eischen, die in het telefoniebedrijf naar voren komen, de uitvoering der apparaten en de regeling der te verrichten metingen beïnvloeden. Zoo worden hooge eischen gesteld aan de nauwkeurigheid en de stabiliteit der apparaten. Er moet tijdens het bedrijf kunnen worden gemeten en de metingen moeten op vele punten van een installatie, eventueel zelfs op enkele honderden kilometers afstand, kunnen worden verricht. Met het oog op de omvang der metingen moeten alle aanpassingen aan speciale omstandigheden (impedantie, niveau en aarding) en alle instellingen en aflezingen snel en gemakkelijk kunnen geschieden.

Slechts weinig takken van de techniek hebben een zoo uitgebreid meetprogramma en stellen aan de metingen zoo hooge eischen als de telefoontechniek. Dit geldt reeds voor de metingen, die bij de ontwikkeling van nieuwe installaties en onderdeelen te pas komen en voor de talrijke en verfijnde contrôlemetingen, die bij de fabricage en bij het monteeren van een installatie noodig zijn. Het geldt echter in het bijzonder voor de zg. onderhoudsmetingen, waaronder men die metingen verstaat, welke noodig zijn om een telefonie-installatie en de daarmede verkregen verbindingen in stand te houden. Hoe belangrijk deze metingen zijn, wordt duidelijk, indien men bedenkt, dat eenerzijds per verbinding een zeer gecompliceerde apparatuur noodig is, terwijl men anderzijds niettemin slechts een uiterst geringe kans op storingen wil toelaten.

Tot de onderhoudsmetingen behooren het storingsonderzoek en het preventieve onderzoek. Het storingsonderzoek heeft tot taak een plotseling opgetreden storing vast te stellen en te localiseeren. Het meerendeel der onderhoudsmetingen is echter van preventieve aard: door regelmatige contrôle van het gedrag eener installatie kunnen langzaam naderende fouten, bijv. veroorzaakt door het ouder worden van buizen, het veranderen van de kabeldemping door temperatuurwisselingen, enz., worden ontdekt en verholpen, alvorens zij tot een feitelijke storing aanleiding hebben gegeven. Deze preventieve metingen zijn in het bijzonder van belang bij draaggolfverbindingen, waarvoor een nog aanmerkelijk omvangrijker apparatuur noodig is dan voor laagfrequente telefonie. Niet alleen stijgt hierdoor op zichzelf reeds de kans voor het optreden van een fout, doch bovendien kan één fout een storing van verscheidene kanalen van het draaggolfsysteem ten gevolge hebben. Beschouwen wij bijv. het eertijds door Philips ontwikkelde 17-kanalen-systeem, dan worden bij het uitvallen van een lijnversterker alle 17 gesprekken, welke op één aderpaar van een kabel passeeren, gestoord. Zelfs kunnen alle kanalen, ook van andere aderparen, worden gestoord, indien de voor deze paren gemeenschappelijke draaggolfvoeding uitvalt.

Het invoeren der draaggolftelefonie bracht ook met zich mede, dat de omvang en de aard der metingen een aanmerkelijke uitbreiding ondergingen. Zoo werd voor het genoemde 17-kanalensysteem het frequentiegebied, waarover de metingen zich uitstrekken, verbreed van ca 3000 tot ca 100 000 per/sec. Verder moet, behalve het overspreken tusschen verschillende aderparen, thans ook de onderlinge beïnvloeding van de 17 kanalen van één aderpaar worden gemeten.

Van de onderhoudsmetingen, welke voor het in stand houden van een installatie voor draaggolftelefonie van bijzonder belang zijn, zullen hieronder de volgende worden behandeld:

1) niveaumetingen, waarbij wordt nagegaan, welke sterkte en welke niveaus de spreekstroomen of signalen op verschillende punten van een verbinding hebben (het niveau is de verhouding van de sterkte op een bepaald punt tot de sterkte aan het begin der verbinding, gereduceerd voor eenzelfde impedantie);
2) metingen van het overspreken tusschen de verschillende verbindingen;
3) contrôle op de werking van de versterkerbuizen;
4) vaststellen en identificeeren van storende frequenties en het meten van de vervorming.

*) *Noot van de redactie:* Met dit artikel besluiten wij de in 1941 begonnen reeks artikelen over draaggolftelefonie, waarbij een 17-kanalen-systeem als grondslag diende. Wij hopen thans binnenkort te kunnen overgaan tot het beschrijven van nieuwe draaggolftelefonie-systemen, die in de afgeloopen jaren ontwikkeld zijn.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Hiervan zullen wij de omvangrijke niveaumetingen uitvoerig, de overige slechts in het kort bespreken. Op andere metingen, zooals de contrôle van signaleerings- en kiesinrichtingen, het onderzoek van telefoonkabels op isolatie en de contrôle van abonnéaansluitingen en -toestellen zullen wij hier niet ingaan.

Niveaumetingen

Bij het uitvoeren van de tegenwoordige telefoonnetten wordt er van uitgegaan, dat de verzwakking van de spraak van een abonné bij overdracht naar een anderen abonné binnen de landsgrenzen hoogstens 28,5 db mag bedragen. Hierbij is nog een redelijk verstaanbaar gesprek mogelijk. Van de genoemde tolerantie worden tweemaal 6,3 db gereserveerd voor de betrekkelijk korte verbindingen tusschen abonné en centrale. Deze marge is voldoende ruim om een geregelde contrôle, die voor deze verbindingen te kostbaar zou worden, overbodig te maken. Voor de soms honderden km lange interlocale verbindingen tusschen verschillende centrales daarentegen zou de totale demping, door temperatuurvariaties enz., licht boven de overblijvende toelaatbare waarde van 15,9 db kunnen stijgen. Ook zou zij door de variaties negatief kunnen worden, eventueel zoo sterk, dat een instabiliteit optreedt (het zg. rondzingen, waarbij een zoodanig schelle toon in beide telefoons aan de einden der verbinding hoorbaar wordt, dat het gewone gesprek er door wordt overstemd en volkomen onmogelijk gemaakt). Bij deze verbindingen, waarvoor wegens de grootere verkeersdichtheid ook hoogere kosten kunnen worden gemaakt, is dus een doorloopende contrôle van de demping noodzakelijk. Dit beteekent, dat in de eindstations en in elk versterkerstation — waarvan een lange verbinding er wel eenige tientallen kan bevatten — het niveau van de inkomende en uitgaande signalen geregeld moet worden gemeten en door bijstelling van de versterking binnen de vereischte grenzen moet worden gehouden.

Dit zoogenaamde „inmeten" moet voor verschillende frequenties afzonderlijk worden gedaan. De regeling der, voor de verschillende frequenties min of meer uiteenloopende, demping kan dan door kleine correctie-netwerken worden verbeterd.

Voor deze metingen heeft men derhalve een meetoscillator noodig, die een wisselspanning met variabele frequentie (variabel in het geheele gebied der over te brengen spraakfrequenties, dus bij de gewone, laagfrequente telefonieverbindingen ongeveer van 300 tot 3400 per/sec) kan leveren en die op de ingang van het te onderzoeken gedeelte der verbinding wordt aangesloten. Aan de uitgang moet dan een wisselstroomvoltmeter voor het meten van de sterkte der ontvangen signalen worden geplaatst.

Bij installaties voor draaggolftelefonie zijn de metingen echter moeilijker. In de eerste plaats, omdat hier met een veel grooter frequentiegebied wordt gewerkt. De oscillator en het meetinstrument moeten bijv. bij het 17-kanalen-systeem geschikt zijn voor de reeds aangegeven frequenties tot ongeveer 100 000 per/sec. Voorts treedt een complicatie op door de frequentie-omvorming, die de spraaktrillingen ondergaan. Beschouwen we hiervoor het schema van een draaggolfkanaal, *fig. 1.*

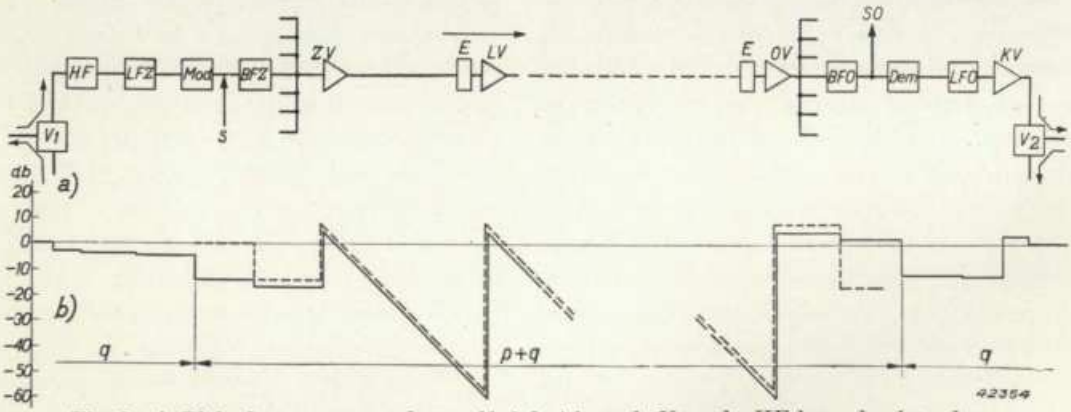


Fig. 1. *a*) Blokschema van een draaggolftelefoniekanaal. V_1 vork, *HF* hoog doorlatend filter, *LFZ* laag doorlatend zendfilter, *Mod* modulator, *BFZ* zendbandfilter, *ZV* zendversterker, *E* effenaar, *LV* lijnversterker, *OV* ontvangversterker, *BFO* ontvangbandfilter, *Dem* demodulator, *LFO* laag doorlatend ontvangfilter, *KV* kanaalversterker, V_2 vork. Verder voor toepassing van draaggolfsignaleering: *S* toevoer van de draaggolf, *SO* aansluiting van signaalontvanger.

b) Het bijbehoorend niveaudiagram bij normale werking van alle onderdeelen. De getrokken lijnen geven het niveau aan van de spraak op de verschillende, aan de bovenste figuur beantwoordende, punten van de verbinding. Ondersteld is hierbij, dat het uitgangsniveau juist gelijk wordt gemaakt aan het ingangsniveau. Bij een spraakfrequentie q en een draaggolffrequentie p heeft het te meten signaal op de diverse punten de aangegeven frequenties. De gestippelde lijn slaat op de draaggolf, die gebruikt wordt voor signaleering.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Een spraakfrequentie q wordt in de modulator gemoduleerd op een draaggolf met de frequentie p. Daardoor ontstaan de twee zijbandfrequenties $p \pm q$ en diverse andere frequenties, zooals p, $2p$, $3p \pm q$, enz. [1]). De zijband met frequenties $p + q$ dient voor de overdracht, de overige frequenties worden door het zendbandfilter onderdrukt. Wil men nu de „demping" van de modulator controleeren, dan moet men aan de ingang een frequentie q toevoeren en aan de uitgang de spanning met frequentie $p + q$ meten. Om de op dit punt aanwezige andere frequenties $p-q$, p, $2p$, enz. van de meting uit te sluiten, heeft men dus een selectief meetinstrument noodig, een zg. analysator.

Deze analysator wordt eveneens gebruikt voor niveaumetingen achter het zendbandfilter, bijv. ergens op de kabel. Weliswaar zou hierbij met de meetoscillator vóór het zendbandfilter de frequentie $p + q$ alléén kunnen worden toegevoerd, doch achter het zendbandfilter heeft men eveneens te maken met de frequenties van alle andere kanalen, die over hetzelfde aderpaar worden gestuurd. Aangezien in het telefoniebedrijf in het algemeen de eisch wordt gesteld, dat het doormeten van één kanaal moet kunnen geschieden, terwijl de andere kanalen normaal blijven werken, is hierbij weer de analysator noodig om de frequenties der andere kanalen te elimineeren.

Meet men op deze wijze de niveaus aan in- en uitgang van alle onderdeelen van een kanaal, dan krijgt men een diagram, zooals in fig. 1 onderaan is geschetst. Het niveau van de draaggolf, die voor het signaleeren [2]) wordt uitgezonden, is hierbij gestippeld geteekend. De demping van het zendbandfilter kan voor de draaggolffrequentie vrij sterk met de temperatuur varieeren, aangezien deze frequentie zich juist aan de rand van het doorlaatgebied bevindt. Een niveaumeting en bijregeling is hierbij daarom bijzonder belangrijk. Iets dergelijks geldt ook over het geheel voor de kanalen met de hoogste frequenties. De absolute breedte van het frequentiegebied is nl. voor alle kanalen dezelfde (3100 per/sec, overeenkomende met spraaktrillingen van 300 tot 3400 per/sec); de relatieve bandbreedte is daardoor voor de hoogste kanalen veel kleiner dan voor de lage. De invloed van temperatuurveranderingen der spoelen en condensatoren op de demping der bandfilters aan de randen van het doorlaatgebied is daardoor grooter voor de hoogste dan voor de laagste kanalen.

[1]) Zie: Philips techn. T. 7, 83, 1942.
[2]) Philips techn. T. 8, 168, 1946.

Beschrijving der benoodigde apparaten

De apparaten, waarmee de niveaumetingen worden uitgevoerd, zullen we nu wat nader beschouwen. Wij gaan daarbij uit van een apparatuur, die kan worden gebruikt voor het onderhoud van het meervermelde 17-kanalen-systeem.

Oscillator

De oscillator is volgens hetzelfde principe gebouwd als een reeds vroeger in dit tijdschrift beschreven oscillator voor audiofrequenties [3]). De gewenschte frequentie wordt hierbij verkregen als zweving van twee wisselspanningen van hoogere frequentie, opgewekt door twee buisgeneratoren. Om zwevingsfrequenties tot 100 000 per/sec te verkrijgen, is de frequentie van de ééne generator gelijk aan 400 000 per/sec gekozen, terwijl de frequentie van de andere kan worden gevarieerd van 400 000 tot 300 000 per/sec. De zwevingsfrequentie wordt door een filter uitgezeefd en met een versterker op het gewenschte niveau gebracht. Dit niveau moet in verband met de gewenschte meetnauwkeurigheid over het geheele frequentiegebied binnen 0,1 db hetzelfde zijn. Daar men de uitgangstransformator, die voor de aanpassing noodig is, niet zoo gemakkelijk een over het geheele frequentiegebied van 30 tot 100 000 per/sec dusdanig vlakke karakteristiek kan geven, zijn twee naar keuze in te schakelen uitgangstransformatoren aangebracht. De ééne wordt voor 30-10 000, de andere voor 4000-100 000 per/sec gebruikt. Met een geijkte verzwakker kan het gewenschte zendniveau worden ingesteld. In *fig. 2* is de schakeling van de oscillator geteekend.

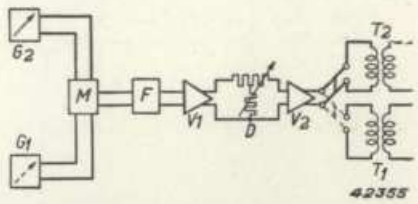


Fig. 2. Vereenvoudigd schema van de oscillator. G_1 in frequentie vaste, G_2 variabele buisgenerator (de frequentie van G_1 kan terwille van de fijnregeling ook een weinig worden gevarieerd), M mengtrap, F filter, dat alle spanningen met frequenties boven 100 000 per/sec onderdrukt, V_1, V_2 versterkers, D geijkte variabele verzwakker, T_1, T_2 uitgangstransformatoren.

De oscillator moet aan zeer zware eischen voldoen, wat betreft de reproduceerbaarheid van de instelling van de frequentie. Dit hangt samen met de hierboven reeds aangestipte frequentieverschuiving,

[3]) L. Blok, Een toongenerator, Philips techn. T. 5, 276, 1940; het aldaar beschreven toestel behoefde niet aan zulke zware eischen te voldoen als in de telefoontechniek worden gesteld.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

welke de spraaktrillingen bij draaggolftelefonie ondergaan. De absolute fout in de meetfrequentie mag in de hoogste kanalen (72 kper/sec) niet grooter zijn dan in de laagste, nl. hoogstens ongeveer 20 per/sec. Dit beteekent, dat de hoogste oscillatorfrequenties met een nauwkeurigheid van 0,03% moeten zijn in te stellen en af te lezen, terwijl zij ondanks temperatuurvariaties en derg. gedurende de meting slechts een fractie van deze 0,03% mogen verloopen. Door geschikte keuze van de temperatuur-coëfficient en doelmatige plaatsing van de diverse onderdeelen ten opzichte van de warmtebronnen, zooals buizen en voedingsgedeelte in het chassis, heeft men aan de genoemde eischen kunnen voldoen.

Het maximale uitgangsvermogen bedraagt 850 mW. De dimensionneering van alle onderdeelen en vooral van de versterkerbuizen is echter zeer veel ruimer dan men voor dit betrekkelijk geringe vermogen zou verwachten. Dit laatste vindt zijn oorzaak in een speciale eisch van het telefoniebedrijf. Hier blijven alle buizen, ook die van de meetapparatuur, practisch permanent in gebruik. Er is dus een veel langere, gegarandeerde levensduur vereischt dan voor de doorsnee radiobuis, die slechts enkele uren per dag behoeft te functionneeren. Derhalve is voor de oscillator een naar verhouding groot type buizen gekozen.

Niveaumeter

De niveaumeter (*fig. 3*) bestaat in hoofdzaak uit een versterker, geschikt voor 30-100 000 per/sec, en een gelijkrichter met dubbele diode, waarachter

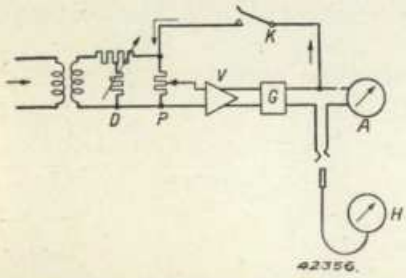


Fig. 3. Vereenvoudigd schema van de niveaumeter. *D* geijkte variabele verzwakker, *P* potentiometer, *V* versterker, *G* gelijkrichter, *A* aanwijsinstrument, *H* eventueel in te schakelen handmeter. Door inschakelen van de terugkoppeling *K* gaat de kring oscilleeren, hetgeen voor de „inwendige ijking" wordt gebruikt.

een milliamperemeter is aangesloten. De schaal hiervan komt overeen met een meetbereik van 14 db, zoodat gemakkelijk op 0,1 db nauwkeurig kan worden afgelezen. De werkelijk voorkomende niveaus loopen natuurlijk veel meer uiteen dan 14 db: in het niveaudiagram van fig. 1 zien we in een kanaal reeds niveauverschillen optreden van 5 db boven tot 60 db beneden het zg. nulniveau (1 mW). De lijnversterkers bezitten zelf soms een versterking van 65 à 70 db. De niveaumeter is daarom van een geijkte variabele verzwakker voorzien, waarmee de gevoeligheid van het apparaat tot de gewenschte waarde kan worden teruggebracht. De zwakste nog te meten signalen liggen 72 db beneden het nulniveau (spanningen van ca 30 μV), de sterkste 30 db er boven (spanningen van 70 V). De verzwakker is zeer zorgvuldig geconstrueerd teneinde te vermijden, dat de eventueel zeer hooge ingangsspanningen rechtstreeks invloed uitoefenen op de uitgang, waardoor de aflezing van de verzwakker onjuist zou worden. Ook bij het aanbrengen van de bedrading in het toestel wordt hiermee rekening gehouden, terwijl hierbij tevens op voldoende beperking der parasitaire impedanties moet worden gelet om de gewenschte vlakke karakteristiek in het zeer groote frequentiegebied van 30 tot 100 000 per/sec te verkrijgen.

De ijking van de schaal van de mA-meter is alleen juist, indien de versterking van de ingebouwde versterker op een bepaalde waarde is ingesteld. Deze instelling kan op eenvoudige wijze worden gecontroleerd met behulp van een terugkoppeling, die de versterker tot oscilleeren brengt. De uitslag van het instrument hangt af van de versterkingsgraad en moet overeenkomen met een ijkstreep op de schaal. Is de instelling onjuist, dan kan de versterking worden bijgeregeld met de potentiometer *P* in fig. 3 (zg. inwendige ijking).

Analysator

De analysator moet uit een samengesteld signaal een nauwkeurig bepaalde, afleesbare frequentie zeven en daarvan de sterkte meten. Voor het uitzeven gebruiken wij een filter, dat alleen in de buurt van 370 per/sec een smal frequentiegebiedje doorlaat. Het te onderzoeken signaal wordt door modulatie met een in frequentie variabele draaggolf op de frequentie 370 per/sec getransformeerd, zie *fig. 4*. De schakeling kunnen we dus opvatten als een ontvangkanaal van een draaggolfsysteem, waarbij de voor demodulatie gebruikte draaggolf variabel is en de kanaalversterker alleen één frequentie van

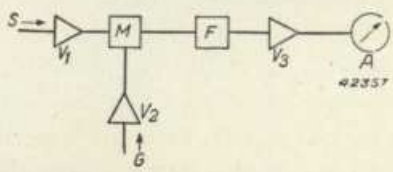


Fig. 4. Principeschema van de analysator. *S* toevoer van het te onderzoeken signaal met onbekende frequentie *f*, *G* toevoer van de op 1 à 2 per/sec in te stellen en af te lezen frequentie, *M* modulator, *F* scherp afsnijdend filter voor 370 per/sec, V_1, V_2, V_3 versterkers, *A* meetinstrument. Er treedt alleen een uitslag van *A* op, indien *G* de frequentie $f + 370$ of $f - 370$ levert.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

370 per/sec doorlaat. Deze frequentie is gekozen, teneinde geen last te hebben van eventueele harmonischen van de netfrequentie.

Dat een dergelijke analysator voor het meten van groote filterdempingen beslist noodzakelijk is, kan met een voorbeeld het beste worden aangetoond. Stel, we moeten een hoog doorlatend filter met een grensfrequentie van 3000 per/sec meten bij 2000 per/sec. Heeft de te gebruiken oscillator nu een eigen vervorming van 0,1%, dwz. dat de som van alle harmonischen 60 db beneden de grondtrilling ligt, dan kan men, als men in plaats van een analysator een meetversterker met „rechte" karakteristiek gebruikt, nooit een grootere demping dan 60 db meten. Immers, alle harmonischen van 2000 per/sec kunnen het filter onverzwakt passeeren en geven dus op de meetversterker een even sterk signaals als de 60 db gedempte grondtrilling. Wordt nu met een analysator gemeten, dan elimineert men eerst alle harmonischen benevens eventueel geruisch. Hierna meet men uitsluitend de sterkte van de grondgolf van 2000 per/sec, die nog door het filter wordt doorgelaten, hetgeen juist de filterdemping bij die frequentie weergeeft.

Uitvoering der apparaten

Voor de dagelijks terugkeerende contrôle van een groot station worden de benoodigde meetapparaten gemonteerd op een speciaal meetrek, dat in *fig. 5* is weergegeven. Dit rek is op een centraal punt van het station opgesteld en door leidingen permanent verbonden met alle rekken, waar geregeld niveaumetingen moeten worden verricht. Op elk dezer rekken, bijv. het rek met de 17 kanaalversterkers van het 17-kanalen-systeem, is dus een klink *A* aanwezig, waarop bij het meten de uitgangsspanning van de oscillator staat, en een gelijke klink *B*, die verbonden is met de ingang van de niveaumeter. Bovendien zijn de in- en uitgangen van alle te meten onderdeelen op dat rek (in casu de kanaalversterkers) ook op een klinkenpaneel bijeengebracht, zoodat met twee van *A* en *B* uitgaande snoeren met stoppen alle onderdeelen zeer snel achter elkaar kunnen worden „afgetast". De meting wordt door twee personen verricht: de eene zit aan het meetrek en maakt de noodige instellingen en aflezingen, de andere staat bij het rek met de te meten onderdeelen en brengt achtereenvolgens de noodige verbindingen tot stand. De persoon aan het te meten rek kan eventueel ook aflezen, met behulp van een handmeter, die in serie met het aanwijsinstrument van de niveaumeter is geschakeld. Dit is nuttig om eventueele instellingen op de rekken, bijv. het balanceeren der

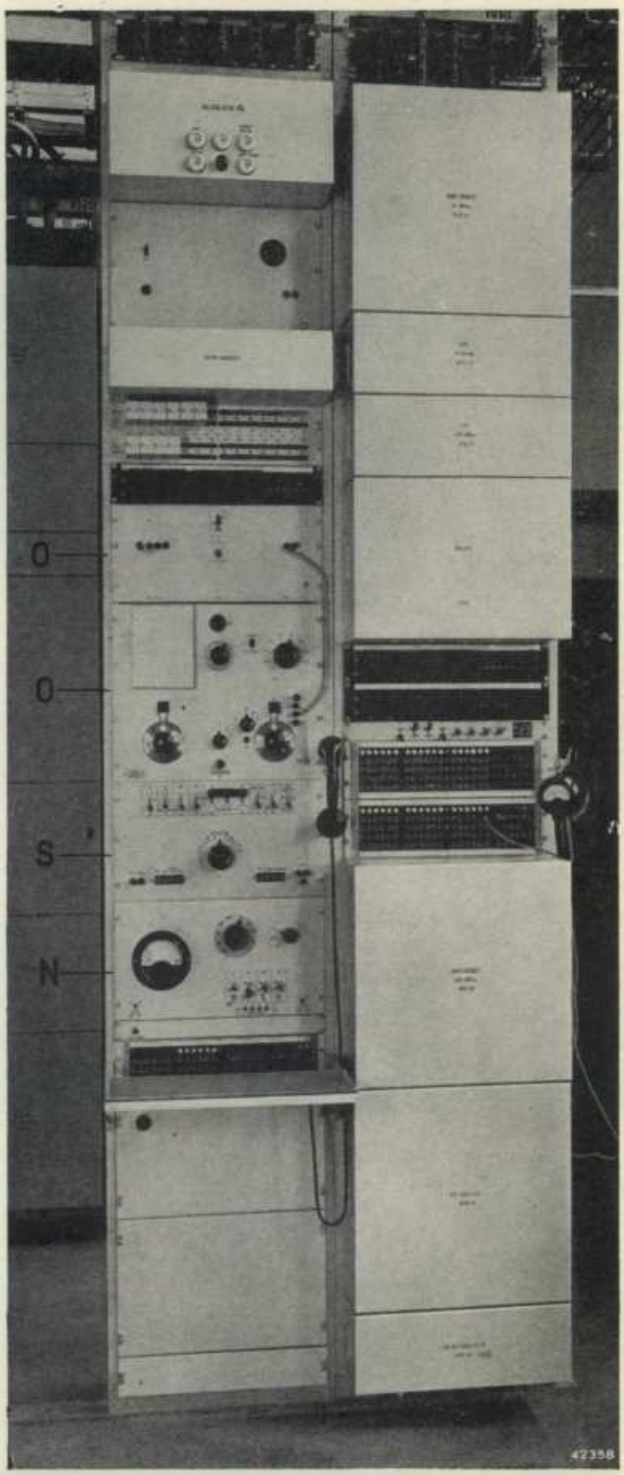


Fig. 5. Het meetrek, opgesteld in een Philips draaggolfinstallatie met 17 kanalen. *O* oscillator, *N* niveaumeter, *S* schakelpaneel. Het rechter rek bevat de kanaalversterkers; men ziet het klinkenpaneel, waarop de in- en uitgangen van alle versterkers alsmede aftakkingen van de plaatkringen in klinken zijn bijeengebracht. Rechts naast het klinkenbord een handmeter voor de contrôle der versterkerbuizen (zie verderop).

modulatoren [4]) of het bijregelen der versterkers, gemakkelijk te kunnen uitvoeren.

De door deze werkverdeeling mogelijk gemaakte

[4]) Philips techn. T. 7, 83, 1942.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

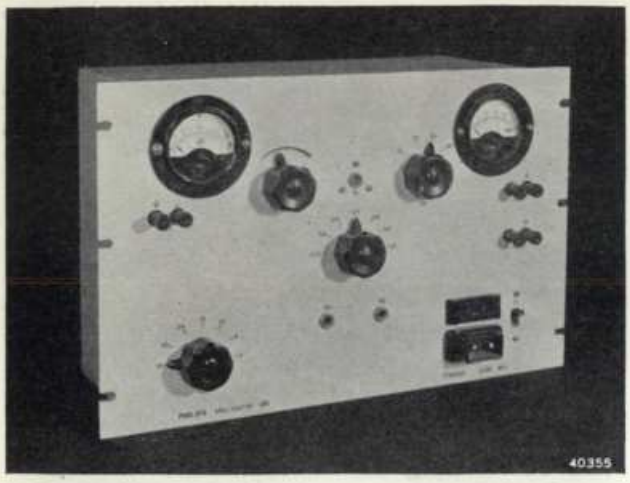


Fig. 6. Afbeelding van de analysator. De ééne meter dient ter contrôle van de symmetrische instelling van de gebruikte balansmodulator. Op de tweede leest men de sterkte van het te onderzoeken signaal in db af, waarvoor tevens een geijkte verzwakker is aangebracht.

groote meetsnelheid is van essentieel belang in verband met het groote aantal metingen, dat geregeld moet worden verricht, vooral in groote stations, waar bijv. 10 of 20 draaggolfsystemen naast elkaar zijn opgesteld.

Voor kleine stations, waar gewoonlijk geen meetapparatuur aanwezig is, moet deze bij een voorkomend geval daarheen worden vervoerd.

Bij alle metingen wordt de eisch gesteld, dat het gesprek, dat juist in het te meten kanaal loopt, niet wordt onderbroken. Dit wordt derhalve gedurende de meettijd over een daarvoor bestemd reservekanaal geleid.

Fig. 7. Niveaumeter in een stevige houten koffer. De constructie moet, evenals bij de andere beschreven apparaten, zeer robuust zijn om verwringingen van het frame, doorbuiging van de frontplaat enz., waardoor de electrische eigenschappen zouden kunnen worden beïnvloed, volkomen uit te sluiten.

In *fig. 6* is een foto van de analysator weergegeven. Deze is uitgevoerd als een gemakkelijk verplaatsbaar apparaat, dat op een rekje of in een houten koffer kan worden gemonteerd. Het laatste is vooral gewenscht voor storingsonderzoek, waarbij het toestel op alle mogelijke punten van de installatie aangesloten en bijv. voor metingen naar een onbewaakt eind- of versterkerstation getransporteerd moet kunnen worden. Ook de beschreven oscillator en niveaumeter kunnen op dezelfde wijze worden ondergebracht in genormaliseerde houten koffers, zooals voor de niveaumeter in *fig. 7* wordt weergegeven.

Hulpapparatuur voor bediening

Bij de overdracht van de spraak over een telefonieverbinding, bestaande uit een groot aantal elementen (vierpolen), is het een vereischte de verliezen door reflectie aan de vierpolen zooveel mogelijk te beperken. Dit beteekent, dat elke vierpool met zijn zg. karakteristieke impedantie zou moeten worden afgesloten. Ter vereenvoudiging is men gekomen tot een bepaalde normalisatie. Bij een installatie voor laagfrequente telefonie (met frequenties tot 10 000 per/sec) moeten daarom alle elementen van de verbinding een ingangs- en uitgangsimpedantie van 600 ohm hebben, bij verbindingen met hoogere frequenties (tot 200 kper/sec) een impedantie van 150 ohm. Om nu de demping van een of ander onderdeel te bepalen, moet dit bij de meting op dezelfde wijze zijn afgesloten als in het bedrijf. Vervangt men dus de ervóór gelegen deelen door de oscillator *O* (zie fig. 5), de er achter gelegen deelen door de niveaumeter *N*, dan moeten ook de uitgangsimpedantie van de oscillator en de ingangsimpedantie van de niveaumeter de voorgeschreven waarde van 600, resp. 150 ohm bezitten. Een andere mogelijkheid is, dat men het niveau op een lijn wil meten, terwijl deze normaal in bedrijf is; de niveaumeter (of eventueel de analysator) moet dan parallel op die lijn worden aangesloten. In dat geval mag de aansluiting van de meter geen verandering teweeg brengen in het spreekcircuit, dwz. het niveau mag er niet meer dan 0,1 db door veranderen. Hiertoe moet de ingangsimpedantie van de niveaumeter zeer hoog worden gemaakt (30 000 ohm voor een leiding van 600 ohm).

Het schakelpaneel *S* in fig. 5 bevat nu de noodige schakelelementen om de uitgang van de oscillator en de ingang van de niveaumeter naar keuze de genoemde impedantiewaarden (die in het heele

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

frequentiegebied van 30 tot 100 000 per/sec constant moeten zijn [5]) te kunnen geven. Door een geijkte verzwakker kan hier tevens nog het zendniveau, dat normaal 1 mW is en voor het toetsen van de werking der begrenzers en sommige andere onderdeelen 6 mW kan bedragen, met 60 db worden verlaagd. Ondanks de aanwezigheid van een geijkte verzwakker in de oscillator zelf, is deze regelmogelijkheid gewenscht, omdat in sommige gevallen in plaats van de oscillatorspanning de draaggolfvoedingsspanning van de installatie als meetsignaal wordt gebruikt. Hiervoor dienen dan 17 klinken, die zich bevinden op het kleine klinkenbord onderaan op het meetrek in fig. 5.

De zend- en ontvangleidingen, die de verbinding vormen tusschen het schakelpaneel en de diverse rekken, kunnen soms signalen dragen van onderling zeer verschillende sterkte. Bij het meten van versterkers kan dit niveauverschil bijv. 70 db bedragen. Om desondanks de gewenschte meetnauwkeurigheid te verkrijgen, moeten zend- en ontvangleiding zorgvuldig ten opzichte van elkaar zijn afgeschermd. Bovendien is hier de wijze van aarden van de afscherming nog van invloed. Al naar gelang het te meten onderdeel een gebalanceerde dan wel ongebalanceerde in- of uitgang ten opzichte van aarde heeft, moet het scherm, dat hiervoor steeds van afzonderlijke uitvoeringen wordt voorzien, met verschillende aardpunten worden verbonden. De bovenvermelde klinken zijn zoo geconstrueerd, dat bij het insteken van een stop de afschermingen der leidingen automatisch met elkaar in verbinding worden gebracht.

Alle genoemde instellingen — impedantie van in- en uitgang, zendniveau, aarding — worden uitgevoerd met behulp van een stel op het schakelpaneel aangebrachte schakelaars. Typeerend voor het telefoniebedrijf is daarbij het uitsluitende gebruik van sleutels of zg. wipschakelaars. Deze veroorloven een snel werken en kunnen op eenvoudige wijze worden ingericht voor het omzetten van vele contacten tegelijk. Wel moet er bij de constructie der sleutels speciaal op worden gelet, dat hun capaciteit voldoende klein wordt, daar deze anders bij de hooge frequentie van 100 000 per/sec een shunt vormt over de lijnimpedanties van 150 ohm en zoodoende de aanpassing kan veranderen.

We wijzen er tenslotte op, dat de twee personen, die bij de metingen, zooals boven beschreven, samenwerken, soms honderden kilometers van elkaar zijn verwijderd, wanneer nl. de demping van kabels of van volledige verbindingen wordt gemeten. Voor dit geval is op het schakelpaneel een inrichting aangebracht om over de te meten lijn zelf telefonisch de noodige orders en mededeelingen te kunnen sturen.

Andere metingen

In het kort willen we nu nog de overige aan het begin genoemde onderhoudsmetingen bespreken.

Overspreekmetingen

Bij het meten van het overspreken gaat het feitelijk ook om het meten van niveaus, alleen met deze bijzonderheid, dat een signaal op de ingang van één spreekverbinding wordt gezet, terwijl men het niveau der hierdoor veroorzaakte storing op de uitgang van een andere spreekverbinding wenscht te bepalen. Daarbij moet de bijdrage van verschillende frequenties verschillend worden gewaardeerd, nl. volgens de mate van hinderlijkheid voor het oor van den luisteraar. Deze frequentieafhankelijke waardeering wordt practisch bewerkstelligd door een filter met een zeer bepaalde karakteristiek. Een van dit filter voorziene niveaumeter noemt men psophometer [6]).

Overspreekmetingen zullen in het algemeen alleen noodig zijn bij storingen, wanneer bijv. een kabel wordt beschadigd, zoodat de balanceering der aderparen is verstoord. Het aantal vereischte metingen is dan echter zeer groot. Om het wederzijdsche overspreken tusschen de bijv. 24 paren van een draaggolfkabel na te gaan, zijn 552 metingen noodig!

In *fig. 8* is de opstelling te zien, die voor het meten van het overspreken wordt gebruikt. Het gezonden signaal bestaat bij deze metingen meestal uit spraak. Voor het verkrijgen van spraak met een gemakkelijk reproduceerbaar karakter en niveau maakt men gebruik van bepaalde gramofoonplaten, waarvan de afspeelsterkte met een daartoe speciaal ingerichte voltmeter (volumemeter) wordt gecontroleerd. De afspeelinrichting met de psophometer, enz. is op een verplaatsbaar rekje gemonteerd, zoodat voor het localiseeren van een fout gemakkelijk overspreekmetingen op verschillende plaatsen van een installatie kunnen worden verricht.

[5]) De impedantie der vierpolen is zelden in het geheele frequentiegebied precies gelijk aan 600, resp. 150 ohm. Dit is mede te wijten aan de onvermijdelijk aanwezige capaciteiten en zelfinducties. Alleen in bepaalde gedeelten van het frequentiegebied, bijv. bij de bandfilters, in het middengebied van het kanaal, heeft de impedantie de gewenschte waarde. Toch worden de metingen in het geheele frequentiegebied verricht met de afsluitimpedanties van 600, resp. 150 ohm. Men krijgt dan tenminste steeds vergelijkbare resultaten, en bovendien beantwoordt de situatie dan inzooverre aan de practijk, als daar veelal in de lijn dempingseenheden worden toegepast (effenaars, regelaars), die inderdaad een van de frequentie geheel onafhankelijke impedantie bezitten.

[6]) Zie: Philips techn. T. 7, 108, 1942.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Fig. 8. Verplaatsbare apparatuur voor overspreekmetingen. Bovenaan de psophometer [6]), daaronder de afspeelinrichting voor de spraakplaten, rechts de volumemeter.

Ook metingen van de sterkte van het brommen en ruischen worden met dit toestel verricht.

Contrôle van de versterkerbuizen

In een eindinstallatie voor verschillende draaggolftelefonie-verbindingen bevinden zich vele honderden versterkerbuizen. Elke buis gaat na verloop van tijd noodzakelijk in kwaliteit achteruit en moet dan worden vervangen, alvorens een storing van een verbinding het gevolg is. Het is dus noodig alle buizen geregeld, bijv. eens per week, te controleeren. Bij de meeste buizen is het hiervoor voldoende de plaatstroom in het normale bedrijf te meten.

Om dit op snelle wijze te kunnen doen, zijn van de anodeweerstand van elke buis twee aftakkingen naar een klink gevoerd. De klinken voor alle buizen van een rek zijn bijeengebracht op hetzelfde klinkenbord, waarvan hierboven reeds sprake was. Met behulp van een in mA geijkte handmeter, die met een snoer en stop achtereenvolgens op de diverse klinken wordt aangesloten, kunnen nu rechtstreeks alle plaatstroomen worden afgelezen. Voor verschillende typen buizen worden de genoemde aftakkingen van de anodeweerstand verschillend gekozen, nl. telkens zoodanig, dat men de volle uitslag van de meter kan gebruiken; voor elk type moet dan de meter een eigen schaal bezitten. Aangezien in de reeds genoemde draaggolfinstallatie van Philips per station slechts twee typen buizen voorkomen, zijn niet meer dan twee schalen op de meter noodig. Teneinde het gebruik gemakkelijk te maken, zijn de schalen in verschillende kleuren geteekend en is elke klink met de bijbehoorende kleur gemerkt.

Bij sommige buizen is de plaatstroom nog geen voldoende maatstaf voor de goede werking, doch komt het aan op de steilheid. Om deze te controleeren, moet de plaatstroom bij twee verschillende waarden van de roosterspanning worden gemeten. Bij de klinken van de desbetreffende buizen is derhalve een sleutel aangebracht, waarmee voor de meting nog een andere dan de normale waarde van de roosterspanning kan worden ingesteld.

Storende frequenties; vervormingsmetingen

Wij hebben er reeds op gewezen, dat de modulatoren van een draaggolfinstallatie, behalve de gewenschte zijbanden, nog tal van ongewenschte frequenties leveren. Dergelijke frequenties kunnen onder bepaalde omstandigheden in het eigen of in een ander kanaal doordringen en daar eventueel hinderlijke fluittonen veroorzaken. Het identificeeren van deze frequenties, dat vaak zeer nauwkeurig moet geschieden om hun herkomst te kunnen ophelderen, geschiedt met de reeds beschreven analysator.

Met dit toestel kan ook de niet-lineaire vervorming worden gemeten. Men voert dan met de oscillator een bepaalde frequentie aan het te onderzoeken onderdeel toe en meet de sterkte van de hierin ontstane tweede, derde, enz. harmonische. Op zichzelf kan men ook apparaten maken voor rechtstreeksche bepaling van vervormingsfactoren. Daar vervormingsmetingen echter eigenlijk al op de grens liggen van wat voor het normale onderhoud van een telefonie-installatie noodig is, werd er van afgezien een dergelijk toestel speciaal voor onze telefoniemetingen te ontwikkelen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!